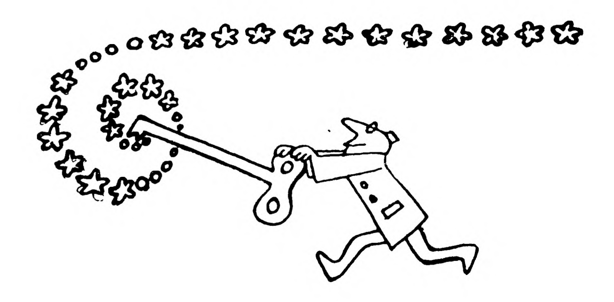
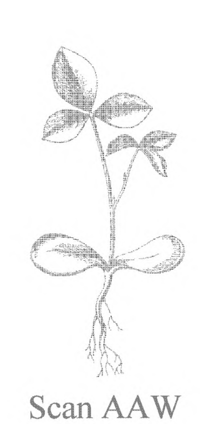

Эврика
А. ТОМИЛИН
ЗАНИМАТЕЛЬНО
О КОСМОГОНИИ
ЗАНИМАТЕЛЬНО О КОСМОГОНИИ
А. ТОМИЛИН

А. ТОМИЛИН



# занимательно о космогонии

Книга очерков о гипотезах, которые создавали люди, чтобы объяснить себе происхождение планет, звезд и галактик, а также о некоторых создателях этих гипотез — от древних философов и жрецов до современных астрономов, физиков и математиков.



Москва, «Молодая гвардия», 1975

528
Т 56

Томилин А. Н.

Т56 Занимательно о космогонии. Книга очерков о гипотезах, которые создавали люди, чтобы объяснить себе происхождение планет, звезд и галактик, а также о некоторых создателях этих гипотез — от древних философов и жрецов до современных астрономов, физиков и математиков. М., «Молодая гвардия», 1975.

208 с. с ил. (Эврика).

Тайны вселенной властно влекут к себе человека. И одна из них — как произошла и развивается солнечная система и системы других звезд. Предположений на сей счет было немало. Но все они носили умозрительный характер. Лишь в наши дни — дни полетов автоматических межпланетных станций — удается кое-что измерить непосредственно на небесных телах и выдвинуть более достоверные гипотезы. О современном взгляде на факт возникновения нашего мира и о процессах мирообразования рассказывается в настоящей книге.

Т $\frac{70302-269}{078(02)-75}$ 110—75 528

**Анатолий Николаевич Томилин**

ЗАНИМАТЕЛЬНО О КОСМОГОНИИ

Редактор **В. Федченко**
Художник **В. Ковынев**
Художественный редактор **А. Косаргин**
Технический редактор **З. Ходос**
Корректоры **Г. Василева, Е. Самолетова**

Сдано в набор 28/IV 1975 г. Подписано к печати 29/IX 1975 г. А01425. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага № 1. Печ. л. 6,5 (усл. 10,92). Уч.-изд. л. 11,3. Тираж 100 000 экз. Цена 53 коп. Т. П. 1975 г., № 110. Заказ 639.

Типография изд-ва ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес издательства и типографии: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.

О небесах можно создать много отличающихся друг от друга гипотез, которые, однако, достаточно хорошо согласуются с явлениями.

Ф. Бэкон

# ВВЕДЕНИЕ

«Космогония — наука о происхождении и развитии небесных тел и их систем; раздел астрономии» — так сказано в энциклопедии. А астрономия — самая древняя отрасль человеческого знания. Ее история тесно переплетается со всем процессом развития человеческого общества. В своей «Истории астрономии» выдающийся ученый и общественный деятель Голландии А. Паннекук пишет: «Если современный физик оглянется на своих предшественников, стоящих первыми у основания здания науки, он найдет таких же людей, как он сам, с аналогичными представлениями об эксперименте и теории, о причине и следствии (правда, это были первые, более сложные искания). Если же астроном посмотрит назад, на своих предшественников, он обнаружит вавилонских жрецов и прорицателей, греческих философов, мусульманских властителей, средневековых монахов, дворян и духовных лиц эпохи Возрождения и так далее, до тех пор, пока в лице ученых XVII и XVIII веков не встретит своих собратьев по профессии. Для всех них астрономия была не ограниченной отраслью науки, а учением о мире, тесно связанным с их мыслями и чувствами, со всем их мировоззрением в целом».

Во всей этой цитате трудно согласиться только с прошедшим временем. Астрономия (и, пожалуй, едва ли не в первую очередь интересующий нас ее раздел — космогония) не только «была», но и есть учение о мире, тесно связанное с мыслями и чувствами людей, со всем

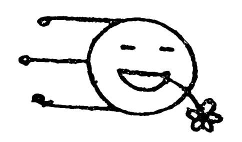
мировоззрением, поскольку оно являлось и является всегда отражением общественной жизни.

Пожалуй, ни одна другая наука не может похвастаться столь острым интересом к ее проблемам, к ее открытиям. Достаточно вспомнить те дискуссии и споры, которые периодически вспыхивают на страницах печати то по поводу каналов Марса, то по поводу таинственных сигналов из космоса, о неразгаданных «квазарах», о предполагаемых «черных» и «белых дырах» или... о фантастических кинофильмах, посвященных «воспоминаниям о будущем». Все это звенья одной цепи, состоящей из попыток определить, уточнить и конкретизировать систему своих взглядов на мир, на то, какое место в нем занимают отдельные явления и прежде всего такие, как рождение планет, звездных систем и галактик, и в каком соотношении это грандиозное действо находится с нашей с вами ролью в мире! Когда-то об этом должен задуматься каждый.

В обобщенной системе взглядов человека на мир, которая называется обычно мировоззрением, космогония занимает существенное место. Чисто умозрительная в прошлом, в наши дни она начинает основываться на фактах, оперировать данными наблюдений и с известной долей недоверия относиться к теориям, пусть даже блестящим по форме, но математически абстрактным и оторванным от практики астрономии.

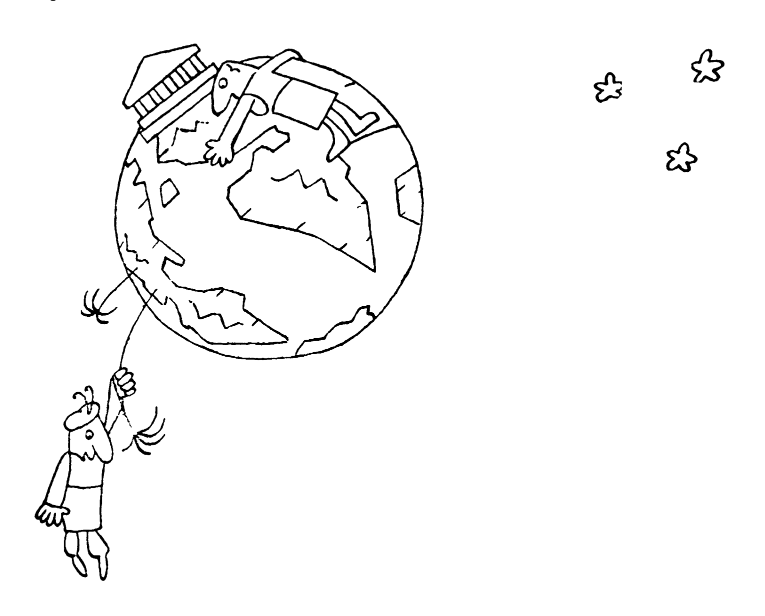
После того как Г. Галилей, направив подзорную трубу на небо, положил начало первой революции в астрономии, прошло, в общем, не так уж и много лет. Но сегодня астрономия находится в состоянии второй революции, и важнейший ее раздел — космогония — набирает факты, пробует новую тактику.

Прокомментировать некоторые вопросы, связанные с изменением наших взглядов на проблемы космогонии, и является задачей данной книги.



# КОГДА МИР СТРОИЛИ БОГИ





## ОТ МИФОВ К НАТУРФИЛОСОФИИ

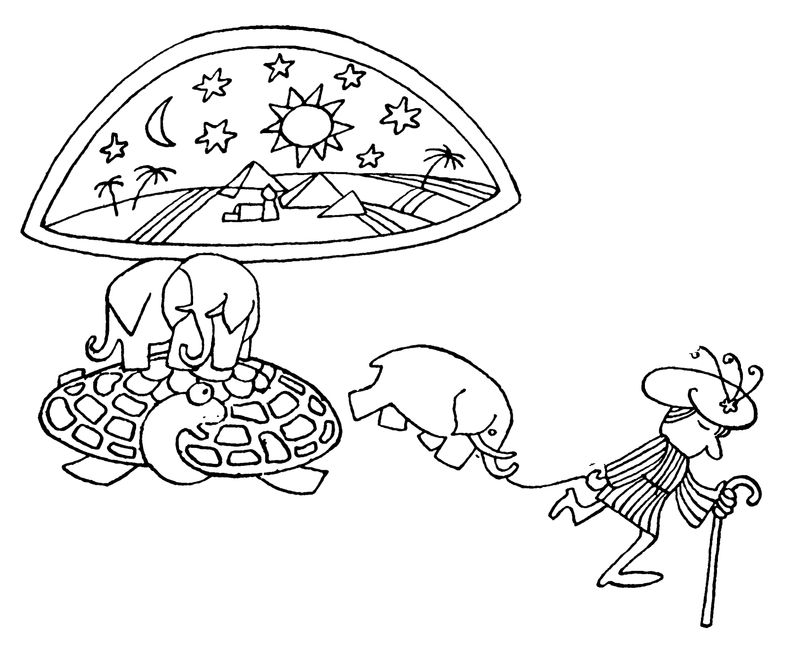
Одна из самых древних известных сегодня моделей мира принадлежит, по-видимому, вавилонянам. Следом за нею идут египетская, индийская... Впрочем, корни их настолько далеко уходят в глубь времен, что споры о приоритете и выстраивание их в очередь просто неуместны.

Древние представления о мире, несмотря на тесную связь с мифами и деятельностью богов, прочно базировались на здравом смысле и отражали оседлый образ жизни древних людей. Жители Вавилона, коротавшие век между двумя большими реками Тигром и Евфратом, представляли Землю в виде выпуклого свода, уходящего своим основанием в воду. Землю и воду окружала «Великая Плотина Небес», на которую опирался купол неба.

Поселения древних египтян лежали в узком ущелье,

протянувшемся с юга на север среди непроходимых песков Ливийской пустыни. Полноводный Нил в низовьях расширял ущелье до долины с широкой плодородной дельтой. По твердому убеждению жрецов — хранителей знаний — страна бога Ра (так иногда называли Египет) лежала в центре мира; в том месте, где Земля провисла, чтобы приготовить достойное ложе Нилу.

Две тысячи лет назад индийские брамины рассказывали своим ученикам о молочном море, в котором пла-



вает черепаха. На спине ее — четыре слона. Повернувшись головами в стороны света, держат они на себе Землю. Замыкается мир кольцами черной кобры Шешу, тысяча голов которой служат опорой вселенной.

Как же так — мир един, а между тем вавилонская модель отличается от египетской, египетская от индийской и все они от греческой? Ну как бы вы представили себе целое, имея перед глазами ничтожную его часть? Наверное, по образу и подобию части?

Люди всегда интересовались происхождением и устройством окружающего мира. Кроме чисто прагма-

тических побуждений, немалую роль в том играла и любознательность — одна из могучих сторон разума. Но чтобы удовлетворить эту потребность, нужны знания. А вот истинными знаниями о причинах явлений похвастаться предки не могли. Вот и приходилось им для объяснения непонятных, грандиозных и страшных природных феноменов прибегать к помощи сверхъестественных сил — сочинять мифы.

Конечно, значение мифов не ограничивается удовлетворением чисто познавательных потребностей общества. Мифология имеет глубокие социальные и исторические корни и является важнейшей составной частью всей духовной культуры. Но мы сознательно ограничимся избранным узким аспектом, имеющим отношение лишь к космогоническим воззрениям той эпохи религиозно-мифологического познания, которая предшествует научному или, вернее, сначала натурфилософскому взгляду на мир.

На заре цивилизации мифы заполняли пробелы в знаниях, смыкали, пусть фальшивыми, звеньями разорванную логическую цепь познания, давали возможность построить временну́ю картину мира. Это было очень важной задачей, потому что решение ее позволяло определить человеку свое место во враждебном мире и обрести какую-то уверенность. Биологи не зря считают, что, когда живое существо сталкивается с неизвестным, в его организме возникает как бы напряжение, мешающее ему нормально функционировать. Снять это напряжение можно, только удовлетворив любопытство.

В представлении предков мир немногим отличался от местности, в которой располагался родной город или деревни. И строили его боги вполне человеческими методами из подручных материалов. Так, рассказывая о грандиозных деяниях богов, в своей основе мифы давали картины жизни того общества, в котором на самом деле жили поэты, авторы сказаний о богах и героях.

В течение всей истории цивилизации люди наводили свой порядок в природе, представляя себе устройство мира с позиций человеческой целесообразности и диктуя ему свои человеческие законы. Антропоцентризм живет в нас, несмотря на то, что разумом мы прекрасно понимаем всю его несостоятельность. Может быть, он исчезнет полностью, когда сверкающие корабли при-

шельцев опустятся на земные космодромы. А может быть, и не исчезнет. Просто человечество перенесет «центр мира» со своей планеты на другую с более высоким уровнем развития. И все тогда начнется сначала. Впрочем, шутка подобного рода звучит не слишком жизнерадостно.

Пока боги строили и благоустраивали мир, дел всем хватало. Но потом от нечего делать пришлось им начать заниматься людскими, мелкими для небожителей делами. От вынужденного безделья боги часто ссорились, пьянствовали на Олимпе и вмешивались в людские распри. В конце концов компания их стала носить довольно безалаберный характер. А между тем каждое утро без опозданий вслед за зарей всходило Солнце. Оно дарило людям тепло и свет независимо от делишек, которыми занимался Гелиос. Также и хранительница ночи Луна преисправно вела календарь, вовсе не заботясь о чувствах Селены, вздыхающей согласно мифам по Эндимиону. Получалось непреодолимое противоречие. С одной стороны, довольно бестолковая компания разлагающихся от безделья небожителей, с другой — стройная система мироздания с извечным нерушимым покоем. Не мудрено, что кое у кого стали возникать сомнения: «А могла ли вообще эта небесная публика создать такой стройный и такой целесообразный мир?»

И тут мы с вами оказываемся на пороге космогонии. Еще впереди отступления, виражи и зигзаги мысли. Еще поднимутся к ясному небу языки позорных костров и запахнет жареным. Но единожды посеянное семя сомнения даст такие буйные всходы, что никакие святые гербициды не помогут: вслед за временем мифов неизбежно придет время их отрицания.

Не нужно считать древних мудрецов глупее нас с вами только потому, что жили они тысячи лет назад и, не зная автомобиля и штанов, предпочитали ходить пешком и заворачивались в тоги. С самого начала они прекрасно понимали все преимущества гипотезы о божественном происхождении мира. Боги всемогущи и боги непознаваемы. А потому волю и деяния их, как точку, всегда пристойно поставить в конце любого объема знаний, не объясняя и в то же время не допуская сомнений. За богами стояла вера. Вера же сомнений не допускает. Таким образом, любые мифы были удобны

прежде всего для целей объяснения, и они внесли свой вклад в мировую культуру. Надо заметить, что мифы удобны для объяснения другим, тем, кто не думает сам, кто нуждается в простых и готовых истинах, кто готов верить, а не мучиться сомнениями. Для собственного же понимания явлений нужна наука. И начинать этой науке пришлось, прежде чем строить модели мироздания, с поисков первоматерии: того вещества, которое способно преобразовываться во все вещи и в которое должно возвращаться все после своего конца.

Пожалуй, прежде чем переходить к изложению первых построений древних натурфилософов, неплохо бы подвести итог тому, что они знали, чем интересовались. Тогда легче будет судить о фактах, положенных в основу первых моделей мира.

Причин интересоваться явлениями, происходящими на небе, у предков было предостаточно. Жизнь текла довольно однообразно. И небесные феномены заменяли и книгу, и кино, и телевизор. Часть из них носила чисто утилитарный характер: измерение времени, ведение календаря и счета праздникам, ориентирование мореплавателей и путешественников. Другие касались воли богов, диктуемой звездам, и твердого убеждения о связи судьбы каждого человека с тем, что творилось у него над головой. И трудно сегодня сказать, что было, например, для древних греков важнее. Вы скажете: «Астрология — лженаука!» Но это мы с вами (две тысячи лет спустя!) знаем, что она лженаука. А предки-то этого и не подозревали!

Давайте ограничимся во времени, скажем, александрийским периодом развития греческой науки, это примерно II век нашей эры, и подведем некоторый итог астрономическим знаниям.

От халдеев, бывших прекрасными наблюдателями, древние греки получили бесчисленное множество фактов. Однако даже, составляя таблицы движения планет, вавилоняне, по-видимому, не испытывали потребностей в их объяснении. Жреческая наука занималась констатацией фактов. Другая картина у греков. Их наука была демократичной, и с самого начала, с Фалеса Милетского и ионийской школы, греческие философы стремились прежде всего к объяснению феноменов. В их числе были восход и заход Солнца и Луны, своенравное петляние блуждающих огоньков планет меж «неподвижными»

звездами, а также упорядоченное вращение всего звездного неба. Занимали умы первых философов и причины затмений, причины лунных фаз, сама природа светил. Наконец, вопрос вопросов, от которого зависел исход всех остальных объяснений, — форма Земли и ее положение во вселенной. (Мы намеренно не упоминаем о первооснове, из которой состоял мир. Этот вопрос не менее важен, чем то, как мир устроен. Более того, именно он сыграл главную роль в разделении натурфилософов на непримиримые лагери материалистов и идеалистов. Но о первооснове лучше вспоминать при обсуждении соответствующих космогонических моделей. Так будет ближе к теме.)

Итак, первые древнегреческие мудрецы представляли себе Землю в форме диска с выступающими краями, плавающего на воде или повисшего неподвижно в воздухе. При этом, естественно, помещалась она в центре вселенной. Ограничивался мир сферой «неподвижных» звезд, которая равномерно вращалась вокруг невидимой оси, проходящей через полюсы. Один полюс находился в районе Полярной звезды; другой — где-то на юге. Сложнее обстояли дела с объяснением движения Солнца и Луны, поскольку, обегая Землю, они отставали от звезд. Кроме того, астрономы видели, что летом Солнце поднималось в полдень выше, а зимой ниже. Отделив ежедневное движение светила от годового, древние наблюдатели нанесли его путь на глобусы звездного неба и назвали его эклиптикой, а широкий пояс созвездий в окрестностях эклиптики — поясом Зодиака. По нему проходил месячный путь Луны и сложные дороги планет.

Рассуждая о природе небесных тел, древние мудрецы высказывали самые разнообразные предположения. Одни считали Солнце и Луну просто воспламеняющимися облаками, которые загорались с восходом и гасли на закате, уступая на следующий день место новым Солнцу и Луне. Существовало мнение, что Луна является сосудом, наполненным огнем. В зависимости от его положения к наблюдателю видны фазы: в полнолуние через горловину видна вся внутренняя освещенная часть, а в новолуние сосуд — Луна поворачивается к Земле темной внешней оболочкой. Много было разных суждений. Но наряду с явными нелепостями, на наш просвещенный взгляд, уже в V веке до нашей эры философ Анаксагор

дал совершенно правильное объяснение и фазам Луны, и ее затмениям.

Вызывало неудовлетворение и представление Земли в виде плоской лепешки. Мореплаватели точно знали, что с приближением к родным берегам прибрежные утесы лишь постепенно встают из морских пучин. Знали они и то, что в других странах на чужом небе и звезды чужие. Эти факты требовали иного представления Земли. И вот примерно в VI веке до нашей эры в греческих городах — полисах образовывается пифагорейская школа. Несмотря на широкую известность имени основоположника о жизни и деятельности самого Пифагора, история практически не знает ничего достоверного. Даже знаменитая теорема, популярная среди школяров всех времен и народов, согласно последним изысканиям оказалась известной египетским землемерам за много лет до рождения Пифагора. Не осталось и ни строчки из сочинений этого философа и математика. Зато сомнений в существовании учеников, последователей и эпигонов Пифагора у истории нет. Оказалось, что ученики взяли от учителя все, кроме скромности, и трудов своих пифагорейцы оставили множество. Из них мы узнали, что Землю они считали шаром. Подозревать их в особой проницательности не стоит, потому что во многом это утверждение диктовалось не научными, а скорее идеологическими соображениями. Шар — сфера, а сфера считалась в древнем мире фигурой божественной и совершенной: ведь она абсолютно симметрична. А дальше подумайте сами: разве могли боги, создавая сердце вселенной — Землю, сотворить ее несовершенной? Богам это не пристало! Кроме таких важных соображений, были и другие, например, круглая тень от Земли на лике Луны во время затмения... Короче говоря, пифагорейцы твердо стояли на том, что Земля кругла и покоится в центре космоса. Вся остальная часть вселенной состояла, по их мнению, из прозрачных скорлупок-сфер, поддерживающих небесные светила.

Греки знали, что Солнце, Луна и все планеты движутся, отставая от вращающегося звездного неба, и потому распределили светила в соответствии со скоростями их движений. То была удачная догадка, позволившая разбить планеты на внешние и внутренние по отношению к Солнцу.

В пифагорейской системе было немало уязвимых

мест. И мимо одного из них истинные философы не могли проходить равнодушно. Речь идет о том, почему в течение суток движение Солнца и планет совершается с востока на запад, в соответствии с вращением сферы неподвижных звезд, а годовое движение Солнца и планет происходит в противоположном направлении?

Сегодня мы с вами это прекрасно понимаем: причина в движении самой Земли. Но Земля пифагорейцев была неподвижной. И вот нашелся смельчак — Филолай, ученик и последователь Пифагора, который решился сдвинуть Землю с насиженного места и заставить ее вращаться. Филолай учил: «Мир един и начал образовываться с центра». Он рисовал перед своими учениками удивительную картину мироздания. В центре в отличие от предшественников философ помещал не Землю, а некий Центральный огонь — очаг вселенной, за которым присматривала богиня Гестия. Вокруг вели хороводы десять божественных тел: небо неподвижных звезд, пять планет, Солнце, Луна, Земля и Противоземля. Последняя представляла собой специальное небесное тело, которое помогало объяснять затмения Солнца, сберегало антиподов от ожогов и доводило общее количество небесных объектов до «совершенного» числа — десяти. Обратите внимание на этот пример сочетания гениального предвидения с устойчивым предрассудком о числовом и геометрическом совершенстве...

Осторожные последователи Филолая Противоземлю упразднили, Землю вернули в центр вселенной, а небесный огонь поместили внутрь Земли. Единственное, что они ей оставили, так это ее суточное вращение.

Первые построения имели огромное значение для дальнейшего развития науки. Конечно, системы вавилонских и египетских правил и таблицы позволяли предсказывать небесные явления значительно точнее, чем наивные древнегреческие модели. Но зато последние давали общее представление о строении вселенной, позволяли ощутить разумность ее устройства.

Дальше предстояло лишь найти наилучшую схему, с помощью которой удалось бы удовлетворительно объяснить все особенности наблюдаемых явлений. Одним из первых такую задачу попытался решить астроном и математик, врач и философ Евдокс Книдский, живший примерно в IV веке до нашей эры. Он составил схему из множества концентрических сфер, охватывающих, как

капустные листья, Землю. Оси вращения этих сфер он расположил в разных направлениях так, чтобы движения нескольких скорлупок в сумме давали наблюдаемое движение светила.

«Чтобы создать хорошую теорию, мы должны располагать простыми принципами или допущениями и должны уметь вывести из них схему, достаточно разумно объясняющую все факты», — пишет профессор Принстонского университета Э. Роджерс. Правило, одинаково пригодное как для спекулятивного, так и для научного метода. И система Евдокса отвечала этим требованиям. У него было 27 сфер, движение которых достаточно хорошо имитировали наблюдаемые перемещения планет. Более поздние наблюдения и уточнения этих движений потребовали усложнения схемы Евдокса. И это было осуществлено простым добавлением числа сфер. Великолепный принцип! Упразднить его могла лишь более простая геометрическая схема, построенная на ином принципе.

К концу IV века до нашей эры философ школы перипатетиков Гераклид Понтийский предложил несколько иную модель мира. (Кстати, перипатетиками называли последователей Аристотеля, который, читая лекции, любил прогуливаться по Лицею в окружении учеников. От греческого слова περιπατέω — прохаживаюсь — и пошло название школы.) Наблюдая, как Меркурий и Венера постоянно обращаются возле Солнца, Гераклид провозгласил, что Земля вращается вокруг своей оси, а Солнце, хотя и обращается вокруг Земли, но имеет собственных спутников — Меркурий и Венеру. Это еще не новый принцип, но схема уже лежит прямо на границе с гипотезой Аристарха Самосского — несостоявшегося взлета гелиоцентризма.

Аристарх Самосский жил в Александрии. Сведения о нем в истории также очень скудны. Известно лишь, что преподавал он в Мусейоне в период царствования первых трех Птолемеев, примерно с 310 по 230 год до нашей эры и написал много работ. До нас дошла одна из них «О величине Солнца и Луны и о расстоянии между ними». Аристарх первым в истории древнего мира утверждает, что Солнце во много раз больше Земли. По-видимому, это предположение плюс наполовину гелиоцентрическое учение Гераклида и сыграло роль в зарождении у него новой идеи об устройстве мира.

Аристарх построил первую гелиоцентрическую модель!

В чем же дело? Почему не произошло революции в астрономии и эра гелиоцентризма не наступила на 1800 лет раньше идей Н. Коперника? Увы, большинство виднейших философов выступили против идей Аристарха. Недостаточно создать подходящую гипотезу, нужно убедиться, что она соответствует фактам. Расчеты же по схеме александрийского философа, сохранившего круговые планетные орбиты, намного уступали по точности пусть более сложным, но и более близким к наблюдениям расчетам по схеме Евдокса. «Нужно спасать феномены», — говорил Гиппарх — величайший астроном античного мира, возвращаясь к геоцентризму и хрустальным сферам. Не могли простить современники Аристарху и того унижения, которое они испытывали, покидая вместе с Землей центр вселенной.

## ГОСПОДЬ БОГ, ПТОЛЕМЕЙ И ПРОБЛЕМА АЛГОРИТМА

В конце античности, во II веке уже нашей эры астроном, математик и астролог Клавдий Птолемей собрал воедино работы своих предшественников, обработал их и, опираясь на физику несравненного Аристотеля, изложил окончательно геоцентрическую систему мира с неподвижной Землей в центре. Птолемей отказался от концентрических сфер, двигавших небесные тела, и построил свою модель, используя комбинацию дифферентов: эксцентров с наложенными на них эпициклами. Сейчас мы объясним, что это такое.

Дело в том, что еще до великого Гиппарха астрономы знали, что Солнце и Луна вовсе не равномерно совершают свой путь. И вместе с тем принцип совершенного движения, каким явилось равномерное движение по окружности, по-прежнему считался незыблемым. Опять факты пришли в противоречие с предрассудком и люди отдали предпочтение предрассудкам. «Факты не соответствуют теории? Что ж, тем хуже для фактов». Сколько раз еще этот девиз догмы прозвучит в науке.

И в I веке, и в X, и в XX.... В разных науках...

Древнегреческие ученые вышли из создавшегося противоречия очень остроумно. Еще Аполлоний Перг-

ский в III веке до нашей эры для объяснения неравномерности движения светил ввел понятие эксцентра, то есть окружности, по которой равномерно движется Солнце и центр которой не совпадает с положением Земли. Теперь земному наблюдателю движение дневного светила покажется неравномерным. Но только покажется,

Другое объяснение неравномерности движения тот же Аполлоний предложил с помощью комбинации равномерных движений по окружностям. Здесь по солнечной орбите вокруг Земли — по дифференту — двигалось не само Солнце, а центр малой окружности — эпицикла. Если сложить оба движения, получалось движение Солнца по эксцентру.

Задачей Птолемея было создать модель, наиболее близко иллюстрирующую наблюдаемое движение небесных тел по небосводу. И при этом не нарушить важнейшие принципы, гласящие: 1. Земля неподвижно покоится в центре вселенной. 2. Наблюдаемые движения небесных тел суть истинные движения. 3. Все движения происходят по окружностям. 4. Движение может быть только равномерным. Если же наблюдаемое движение таковым не является, это значит лишь, что центр окружности равномерного движения смещен относительно наблюдателя. 5. Сфера неподвижных звезд совершает один оборот в сутки, сообщая свое движение остальным небесным телам.

Птолемей составил довольно сложную схему, сумев обойти нерушимый принцип равномерности круговых движений. И хотя многие его допущения и ограничения были искусственны и противоречили законам природы, созданная модель объясняла основные особенности наблюдаемых движений небесных тел. Это была прекрасная схема. Непревзойденный математический аппарат, использующий все достижения математиков античной эпохи, позволил по ней предвычислять феномены. Причем результаты предвычислений подтверждались наблюдениями. Чего еще оставалось желать?

Победившую к началу нашей эры новую христианскую идеологию общества модель Птолемея тоже устраивала на первых порах. И после греческих вольнодумств двойная догма о геоцентризме и неподвижности Земли была на долгие годы передана христианскому миру. Тесно связанная с антропоцентризмом, она была введена в каноны религии.

Труд Птолемея был венцом достижений античной астрономии. Последующие века были периодом падения науки и возврата к мифам. Только мифам не языческим с пантеоном бесшабашных богов, а к аскетическим, отрицающим радости земной жизни, мифам христианства. Если жизнь человека является лишь переходной стадией к вечному загробному существованию, то к чему заниматься изучением движения светил? Астрономические и космогонические представления европейцев средних веков поражают своей наивностью и даже какой-то преднамеренной глупостью. Словно и не было никаких античных философов. Даже Птолемей казался слишком революционным.

Начиная с VII века новая мощная сила преобразила мировую культуру. Поднялись и стали набирать силу арабские страны. Бурно начали развиваться в них науки, в том числе и астрономия. Правда, никаких оригинальных моделей строения вселенной в странах Востока не возникло. В большинстве из них развивались геометрические построения Птолемея. Но трудно сегодня сказать, что осталось бы от завоеваний человеческого ума, не сохрани их арабские ученые, математики и астрономы. Между тем и в Европе, охваченной мглой невежества, постепенно вновь начинали наливаться соком сомнения плоды истины. Сначала толкуя, а затем и критикуя догматы религии в многочисленных ересях, европейские философы учились. К эпохе Возрождения из пыли забвения извлекались на свет сочинения древних авторов, с восхищением изучались, подготавливая почву для революции Н. Коперника. И вот в 1543 году в типографии города Нюрнберга из-под пресса был вынут последний лист тысячного экземпляра книги с длинным латинским названием, которое в переводе означало: «Николая Коперника из Торуни шесть книг об обращениях небесных сфер».

В трактате Коперника постулировалась система мира, состоящая из тех же концентрических планетных сфер, что были и у древних греков. Только в центре находилась не Земля, а Солнце. Впрочем, так ли уж это ново? Были ведь уже и Пифагор, и Аристарх... А у Н. Коперника даже обожествленность круговых движений и сфера неподвижных звезд остались в новой системе неизменными. Отвергнув эксцентрики и экванты, помогавшие К. Птолемею и его последователям приводить в соответствие расчеты с результатами наблюдений,

Н. Коперник вынужден был оставить эпициклы. Причем результаты предвычислений по новой модели были не лучше, чем по добрым старым правилам Птолемея. Должно было пройти более полувека, прежде чем «гениальный безумец» И. Кеплер превратил орбитальные окружности в эллипсы и избавил навсегда человечество от дополнительных геометрических построений.

Со многим не могли согласиться современники Н. Коперника. Не могли понять они и того, каким обра-



зом удавалось такому огромному, массивному телу, как Земля, вертеться, не вызывая ураганного ветра и не отклоняя траекторию падения пушечного ядра. Чтобы устранить эти противоречия, науке понадобился Г. Галилей. Немалой трудностью новой теории было и отсутствие звездного параллакса. Ведь если Земля движется вокруг Солнца, говорили оппоненты Н. Копернику, то наблюдателю должно казаться, что и «неподвижные» звезды описывают кружки. А этого же нет?!

Н. Коперник очень расстраивался, что не может ничего возразить на подобные упреки. Он успокаивал себя

тем, что расстояние до звездной сферы так велико, что параллакс просто незаметен. Однако утешение это было слабое, и враги злорадствовали. Пройдет почти триста лет, прежде чем первые звездные параллаксы будут открыты В. Струве и Ф. Бесселем.

И все же, несмотря на неточность предвычислений, на отсутствие доказательств, неоспоримых и весомых, новая система была революционна. И это понимали многие. А главное, она была созвучна наступающей эпохе. Наступило время решительного поворота от схоластики, от догмы и мистики к науке. За плечами у народов осталось время фундаментальной критики аристотелизма. Количество накопленных культурных ценностей должно было привести к качественным переменам. И первой ласточкой наступающей весны в мировой науке явилась гелиоцентрическая система Коперника.

Главная идея польского астронома заключалась в том, что видимые движения небесных тел не истинны, а лишь кажутся таковыми наблюдателям с поверхности Земли. Кажутся, ибо сам он (наблюдатель) уносится вращающимся и летящим вокруг Солнца земным шаром. Коперник пишет, что он не раз обращался в поисках лучшего объяснения планетных движений к различным авторам, пока не нашел у древних философов мнения о движении самой Земли. Его-то он и принял к руководству, разрабатывая математически и астрономически новую систему, способную в той же мере объяснить наблюдаемые явления, что и испытанная временем система Птолемея. Судя по конкретному тексту сочинения, задача Н. Коперника была простой — выработать новый алгоритм, не более. Но и сам автор новой теории, и большинство просвещенной публики понимали, какой громадной силы философский и, можно сказать, гносеологический заряд был заложен в невинном алгоритме.

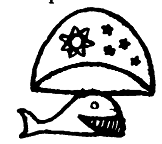
Даже в том виде, в каком новая система впервые появилась из-под печатного пресса, даже несмотря на рудименты, она уже имела ряд преимуществ перед Птолемеевой. Одним махом модель Коперника разрешила непреодолимый для старой теории вопрос о движении внутренних планет — Меркурия и Венеры. Поскольку обе планеты появлялись всегда как утренние или вечерние звезды, то есть были довольно жестко связаны с Солнцем, Птолемею пришлось их привязать к дневному

светилу и совершенно произвольно заставить двигаться вместе с ним. Это вызывало изумление. Почему же остальные планеты могут вольно блуждать по небу, где им вздумается?

Система Н. Коперника просто снимала этот вопрос. Поскольку обе планеты лежат внутри орбиты Земли, они должны следовать за Солнцем в моменты его восхода или захода, при наблюдении их с Земли.

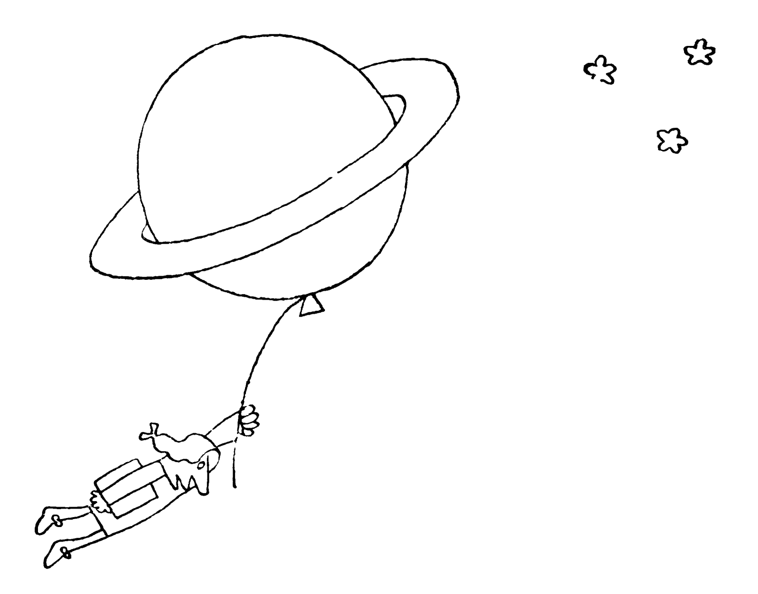
Книга Н. Коперника написана очень трудным языком. И потому, несмотря на революционность содержания, воспринята была современниками довольно спокойно. Немногие ее прочли. Еще меньше людей поняли. Понадобилось немало времени и драматических событий, прежде чем человечество отвело этому трактату надлежащее место в истории.

Блестящим популяризатором и пропагандистом нового учения стал Д. Бруно, провозгласивший множественность обитаемых миров. Его гипотеза подрывала основы догматического библейского мироздания. А вывод И. Кеплером эллиптической формы для планетных орбит, а также два его остальных закона окончательно выбросили на свалку идей принципиальные взгляды Пифагора — Платона — Аристотеля, считавших, что идеальным небесным телам свойственны лишь идеальные круговые движения. А ведь тех же взглядов придерживался и сам Н. Коперник. Законы И. Кеплера не только устранили одно из существенных возражений противников новой теории — неравномерность скоростей движения планет по орбитам, но и разбили хрустальные сферы. Мир стал безграничным. Примерно в то же время Г. Галилей, направивший зрительную трубу на небо, положил начало наблюдательной астрономии. Он увидел спутники Юпитера, словно повторяющие в миниатюре гелиоцентрическую систему. Но главное, он сумел выразить процесс движения математически, связав механику с математикой и подкрепив результаты расчетов исследовательскими, а потом и демонстрационными экспериментами. Фактически Г. Галилей создал, оттолкнувшись от идей Н. Коперника, первый образец новой науки, которую мы сегодня называем физикой.



# ВСЕЛЕННУЮ КОНСТРУИРУЮТ ФИЛОСОФЫ





## ТОЧКА ОПОРЫ

«Дайте мне точку опоры, и я переверну мир!» Кто это хвастался? Вы, конечно, знаете — Архимед. Мир он не перевернул, но мысль была правильной. Во всяком революционном перевороте нужна надежная основа, на которую можно с уверенностью опереться. Так и философам после критики библейской легенды о сотворении понадобилось заменить бога не менее надежной творческой силой.

Картина мира, построенная французским философом XVII века Рене Декартсм, выросла тоже на фундаменте учения Н. Коперника. Был в ней и бог. Но уже не такой всемогущий. Да, бог создал материю, говорил философ, бог снабдил ее движением, дал ей «первый толчок». Но дальше солнечная система развивалась естественным путем, обусловленным свойствами материи

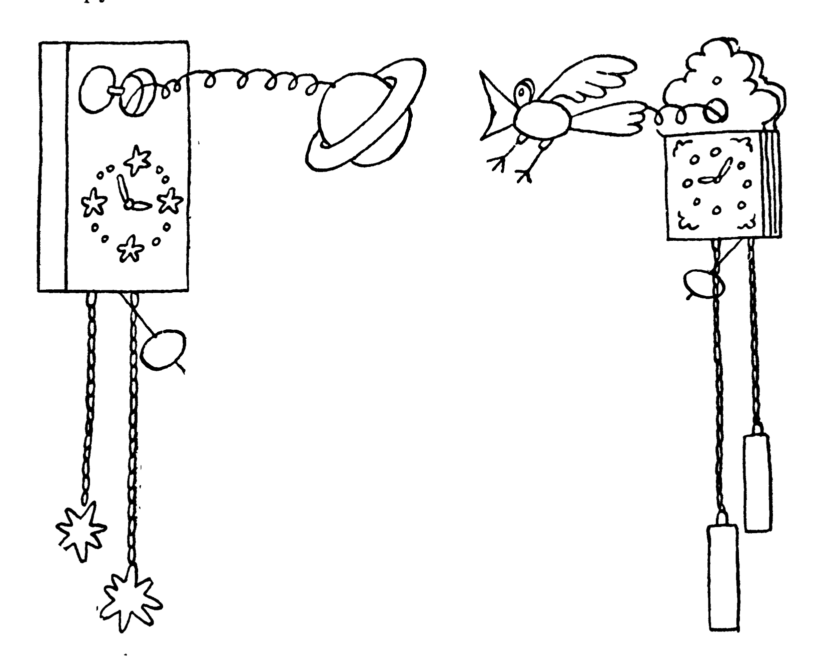
и движением ее разнородных частиц. Теория Коперника гласит, что все планеты, все небесные тела обращаются вокруг Солнца? Прекрасно! Р. Декарт делает обобщенную посылку-гипотезу: главной формой движения космической материи является вихревое движение ее простейших частиц. И сразу возникает красивая и убедительная картина образования мира. Позвольте, а как же бог? А что, создав материю и толкнув ее, бог свое дело сделал, как говорится: «мавр сделал свое дело, мавр может уйти». В вихревом кругообразном движении частицы сами, соприкасаясь, взаимодействуют, слипаются, образуют сначала сгустки, которые потом превращаются в звезды и планеты. Заметьте, частицы соприкасаются, иначе как же они могли бы передать свое воздействие друг другу. Наглядной получилась картина Р. Декарта и убедительной. Жаль только, что никакие количественные соотношения не были в ней выведены. Да и сама философия, несмотря на намерение поставить все на надежную математическую основу, была довольно противоречивой. Блистательным оказался только метод. Индуктивному методу исследования природы английского ученого Френсиса Бэкона Р. Декарт противопоставил свой. Он был категорически против веры «в шаткое свидетельство чувств» и в «обманчивое суждение беспорядочного воображения». Нет, нет, только выведение следствия путем строгих математических и логических заключений из общих посылок, не оставляющих сомнений в мощи порождающего их разума. Только дедуктивный метод, по мнению Р. Декарта, был надежным помощником настоящего философа-естествоиспытателя.

Вслед за Р. Декартом вторым крупным представителем механического материализма в естествознании XVII—XVIII веков должен идти И. Ньютон, хотя космогонические воззрения сэра Исаака особой оригинальностью не отличались.

Результаты своих работ в области механики И. Ньютон изложил в трактате «Математические начала натуральной философии». Этот труд был написан, кстати, тоже весьма сложным языком. Но в нем И. Ньютон показал огромное теоретическое и прикладное значение выведенных им законов. Трактат содержит решение целого ряда важнейших практических задач механики и астрономии, но еще важнее то, что «Нача-

ла» явились глубоким обобщением всей прошлой и современной И. Ньютону физики.

Сегодня мы настолько привыкли к классической формулировке, гласящей, что «любые две материальные частицы притягивают друг друга с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними», что это кажется даже естественным. Таким же естественным, как то, что Земля — шар и что этот шар вращается вокруг своей оси и облетает Солнце.



Закону Ньютона веришь! Конечно, законам верить надо. Во-первых, они несут в себе опыт поколений. Во-вторых, бывают обычно так красивы, так рафинированы, что завораживают. И наконец, верить куда проще, чем понимать...

Между тем привычка принимать любое утверждение науки на веру приводит в определенной степени к догматизму. С ньютоновским мировоззрением дела обстояли значительно сложнее, чем, например, с картиной мира Р. Декарта. Посудите сами: в трудах

Р. Декарта пространство было заполненным тонкой материей, в которой бушевали вихри, передающие усилие от одной частицы к другой, от другой к третьей. Это было так же понятно, как толчок в бок. В работах И. Ньютона пространство было пустым и силы тяготения действовали на расстоянии. Это вызывало недоумение. Ведь даже господу богу, чтобы поразить человека, надо было послать в него молнию. В теории И. Ньютона людям XVII столетия не хватало материального носителя силы. Кроме того, вселенная сэра Исаака была вечной и неизменной. Даже с позиций просвещенной современности идея Р. Декарта о развитии вселенной с помощью внутренних сил природы была куда прогрессивнее ньютоновского консерватизма. И наконец, изящный язык, которым были написаны работы французского ученого, ни в какое сравнение не шел с тяжеловесной латынью его английского коллеги. Все это приводило к тому, что, склоняя головы перед математической точностью «Начал», философы предпочитали более расплывчатую французскую концепцию. Все с благоговением соглашались, что И. Ньютон научил людей вычислять движения небесных тел. Но Р. Декарт давал возможность размышлять...

Конечно, с позиций дня сегодняшнего можно предложить делать и то и другое одновременно и вместе. Но не следует забывать, что для того, чтобы теория овладела массами, ее следует сначала сделать доступной массам. Принципы И. Ньютона нуждались в популяризации.

По прошествии менее чем десяти лет после кончины английского физика его взгляды «переплыли Ла-Манш». Вышла в свет работа «Элементы философии Ньютона», написанная на хорошо известном европейскому читателю французском языке. Автором книги был Ф. Вольтер. Его сочинение сыграло огромную роль в популяризации новых идей. И примерно с середины XVIII столетия ньютоновские принципы и ньютоновская механика стали безраздельно господствовать в европейской науке. Они явились той «точкой опоры», на которую можно было опереться, чтобы «перевернуть мир».

Благодаря широкому распространению взглядов И. Ньютона человечество созрело для новой гипотезы. Теперь должен был найтись ее творец.

## ЖОРЖ-ЛУИ ЛЕКЛЕР ГРАФ ДЕ БЮФФОН И ПЕРВАЯ НАСТОЯЩАЯ ГИПОТЕЗА КОСМОГОНИИ

Первая гипотеза, описывающая сотворение Земли и планет на основании законов Ньютона и без участия бога, была детищем француза. И не случайно. Именно во Франции XVIII века, бурлящей ненавистью к королю и дворянам, в обстановке приближающейся революции возникает интерес к космогонии, отвергающей вмешательство высших сил.

И вот перед нами первый создатель космогонической гипотезы Жорж-Луи Леклер граф де Бюффон. Высокий рост, атлетическое телосложение — куда ни кинь, видный и представительный мужчина. Небольшой белый парик под треугольной шляпой, камзол-жостокар с широкими манжетами. На плечах темный плащ, прикрывающий достаточно длинную шпагу: парижские улицы не безопасны ночью. Шелковые чулки и туфли на красных каблуках, какие еще носят щеголи, дополняют его костюм. Бюффону 33 года. Он еще не женат. Ни одной из его многочисленных подруг пока не удалось окончательно пленить сердце атлета. Увы, его больше привлекает «Теория ракет и способы их усовершенствования», которыми он как раз сейчас занимается, и почти оконченный перевод «Метода флюксий» несравненного И. Ньютона. Впрочем...

Полные губы его шевелятся. Остановившись на пороге своего дома, он говорит слуге, что отправляется в медицинскую академию на бульвар Сен-Жермен. Это на ночь-то глядя?

Вот он шагает по мостовой той улицы, которая в будущем станет носить его имя. Красные каблуки прочно ступают на землю, своей шляпой он задевает звезды. Его мысли заняты движениями планет. Он словно перелистывает снова и снова «Начала» И. Ньютона, размышляя о «силе импульса», то есть того толчка, который заставил планеты двигаться вокруг Солнца. У И. Ньютона эта сила — бог. А что думает Ж. Бюффон? Давайте застенографируем часть его размышлений: «...сила импульса была, конечно, сообщена светилам рукою бога, когда он пускал в ход вселенную...» В этих словах пока нет ничего нового. Так писал Р. Декарт. Так писал и говорил И. Ньютон. А вот уже коечто новенькое: «...но поскольку физике следует по мере

возможности воздерживаться от обращения к причинам, находящимся вне природы, мне кажется, что эту силу импульса в солнечной системе можно объяснить довольно правдоподобно, и найти причину, эффект которой согласуется с правилами механики, и которая не удаляется от идей, относящихся к изменениям и переворотам, могущим и долженствующим происходить во вселенной».

Ну как? Немного старомодно по форме, но как свежо по содержанию. Не забывайте, что это всего лишь середина XVIII века.

В его мыслях еще очень осторожное, но совершенно недвусмысленное стремление отделить теологию от механики или «басню от физики», как говаривал он сам временами. Позже он так и напишет об этом в своем сочинении. А пока... Он неторопливо шествует по улицам старого латинского квартала — квартала ученых и студентов. И думает о том, что каждый метр в окружении учеников — это такая же система, как Солнце со своими планетами, связанные сложными законами взаимного тяготения...

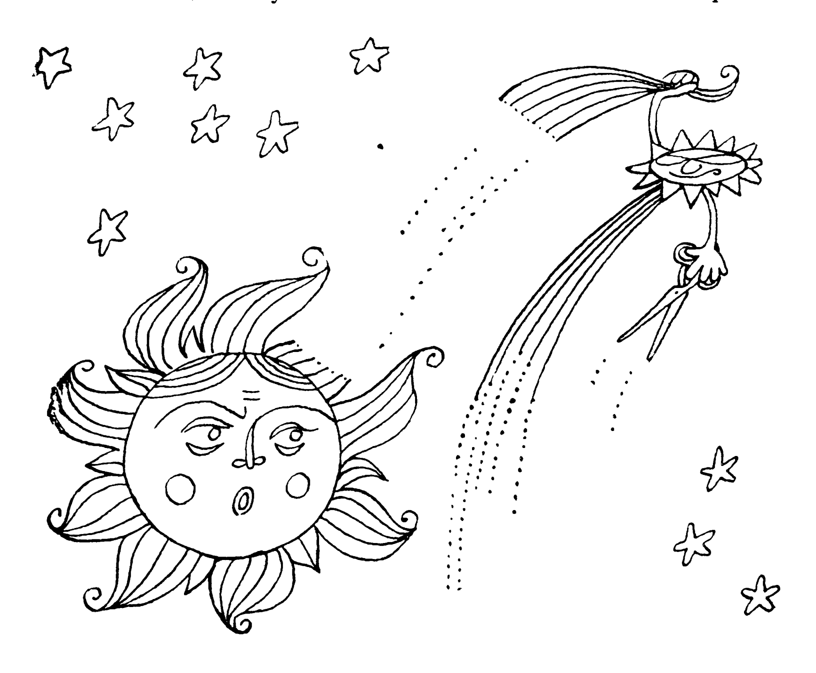
Жорж-Луи шагает мимо церкви, покровительницы города святой Женевьевы. Через несколько лет на ее месте повелением короля Людовика XV будет заложено колоссальное здание Пантеона, где упокоится прах многих выдающихся людей французской науки. Люди смертны, что делать.

Когда-то считалось, что смерть тиранам предвещали кометы. Во всяком случае, хроники полны описаниями их появления в роковой для правителя год. Ну а если кометы не появлялись, а король все-таки умирал? Небесное тело изобреталось хроникером. Смешные люди — тираны! Они часто до кончины уверены, что качественно отличны от прочих смертных. Ж. Бюффон улыбается. Он вспоминает страницы придворной хроники, написанные всего пятьдесят лет назад. В 1680 году небо Земли посетила «новая комета, какой еще не видели в новейшие времена... В городе царит большой страх: робкие люди видят в этом светиле предзнаменование нового потопа, потому что, как они утверждают, наводнение всегда предвещается огнем».

Комета 1680 года! Она прошла, по расчетам англичанина Э. Галлея, друга И. Ньютона, так близко возле Солнца, что едва не задела великое светило. И хорошо,

что не задела. Согласно общему мнению кометы — массивные тела, блуждающие в космосе. Опасные встречи с ними уже не раз предсказывались и Солнцу и Земле.

Почтенные метры Сорбонны собирались, чтобы обсудить опасность, которую несло блуждающее небесное тело. Той самой знаменитой Сорбонны, мимо которой сейчас шел Ж. Бюффон и где несколько лет спустя будет осужден его трактат, как еретический и противоречащий священному писанию. Но пока это все впереди.



Пока Жорж-Луи об этом не знает. Он спокойно пересекает бульвар Сен-Мишель — «Бульмиш», как по сей день называют его веселые парижские студенты. Путь его лежит мимо старой церкви святого Сульпиция к рынку Сен-Жермен...

Уже поздно. Но возле устричных лотков воткнуты факелы, и торговцы ловко вскрывают раковины кривыми ножами. Привезли свежий товар. Тянет дымом жаровен. «Каштаны, каштаны, сладкие жареные каштаны». А вон, возле длинного прилавка, тележка на высоких колесах с дынями. Шлеп, шлеп — золотисто-

желтые плоды перелетают из ладоней в ладони. Огородники разгружают товар. Ночь коротка. Скоро наступит новый день, и Париж потребует пищи. Много пищи: много фруктов, овощей, мяса и хлеба. Боже милостивый, как много надо людям!.. Один из огородников стоит на повозке и кидает дыни. Другой ловит их и укладывает в пирамиду. Гора растет. Что им до комет? Они вряд ли даже слыхали о грозных предзнаменованиях. Но если это кара божья, то разве справедливо, что часть его детей остаются в неведенье?

Ж. Бюффон вспоминает диспут, на который он был приглашен во время своего пребывания в Лондоне. Один из спорящих — астроном пугал своего противника последствиями встречи кометы с Землей.

«Грозное небесное тело наскочит на Землю сзади, замедлит движение планеты и изменит ее путь. Земля подойдет близко к Солнцу и загорится... Пройдет много лет, прежде чем возрожденная огнем, сделается она вновь обитаемой по воле божьей. И наступит тогда на ней царство святых. Через тысячу лет это царство окончится и Земля столкнется еще с одной последней кометой. Теперь орбита ее растянется, и, обратившись сама в комету, Земля вновь станет безжизненной».

Какой великолепный салат из астрономии, мистики и теологии! Впрочем, П. Мопертюи — с Ж. Бюффоном они приятели — тоже считает, что, ежели бы Земля встретилась с кометой, удар переместил бы полюса на экватор. А уж физика и астронома П. Мопертюи не заподозришь в склонности к мистицизму.

Но вернемся к мысли о встрече кометы с Солнцем. Р-раз! Один из огородников промахнулся и не поймал брошенной дыни. Круглый плод звучно врезался в дыню, уложенную на верхушке пирамиды, и расколол ее. Брызги спелого сока и семечки заставили Бюффона отскочить в сторону. Торговцы захохотали.

Небольшой инцидент перебил мысли. Ж. Бюффон миновал рынок и зашагал по бульвару Сен-Жермен к намеченной цели. Да, так о чем же он думал? О Солнце и встрече его с кометой? Проклятая дыня! Хотя, а почему бы и комете не исторгнуть из великого светила часть вещества? И почему бы из этого вещества не образоваться планетам? Прекрасная идея! А эпизод с дыней придал ей наглядность и убедительность. Буйное воображение снабжает картину подробностями.

Пройдет время, и он опишет, как подлетает к Солнцу огромная комета, как она на «бреющем» полете едва касается раскаленной поверхности светила и сшибает с него часть вещества. Гигантский язык солнечной материи вытягивается в сторону. Постепенно, под действием сил притяжения в соответствии с законом сэра Исаака Ньютона, в струе материи образуются сгущения и разрежения. Она делится на части. И из каждой части начинает образовываться планета. Вращение придает им форму шара. Постепенно остывая, планеты покрываются стекловидной корочкой. То же претерпевает и Земля. Внутри у нее образуется ядро. Конденсируются пары атмосферы и выпадают сильными ливнями. Всю поверхность покрывает горячий, клокочущий океан. Волны его размывают, разламывают хрупкую кору, перемалывают ее в песок... Как хорошо все получается в эмоционально нарисованном «действии»! Даже одинаковое направление движения всех планет нашло свое объяснение, даже примерно равный наклон орбит. Когда это могло случиться? Согласно библейской хронологии мир был сотворен за 5508 лет до рождения Христа. Нет, с таким сроком Бюффон согласиться не может. Процесс формирования планеты должен занимать, по крайней мере... десятки тысячелетий!

Ах, Жорж-Луи Леклер граф де Бюффон! На что поднимаете вы руку, мсье? Осиное гнездо католической церкви загудело, зажужжало. Вот мы его!!!

Кто знает, не преследования ли служителей божьих привлекли к его гипотезе внимание и симпатии читателей? За короткое время приобрела она широчайшую известность, хотя еще при жизни ее творца у астрономов возникли первые сомнения. Виновницей этих сомнений оказалась та же комета Галлея. В 1759 году она снова появилась на небосклонах Земли. Но движение ее, по расчетам астрономов, испытало немало изменений под действием сил притяжения Сатурна и Юпитера. Сами же планеты остались на тех же предначертанных орбитах. А раз так, то масса кометы не могла идти ни в какое сравнение с массой Солнца. Значит, и остальные кометы нельзя было считать массивными телами, способными при столкновении исторгнуть часть солнечной материи. Может быть, имеет смысл предположить какой-нибудь другой путь образования планетной системы?

## НЕБУЛЯРНАЯ ГИПОТЕЗА ИММАНУИЛА КАНТА

В предисловии к самому первому изданию своих «Начал» И. Ньютон писал, что он видит цель физики в том, чтобы «по явлениям движения распознавать силы природы, а затем по этим силам изъяснять остальные явления». Прекрасная программа действий! Может быть, изучив движения небесных тел, удастся, в конце концов, прийти и к расшифровке главного вопроса о происхождении Земли, солнечной системы и, наконец, мира?

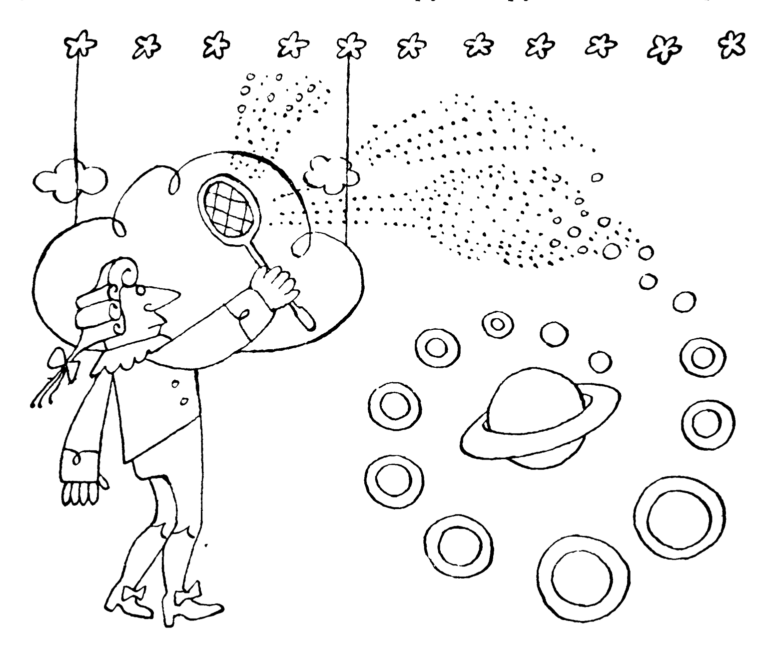
В 1755 году в Кенигсберге появляется безымянная работа «Общая естественная история и теория неба», снабженная подзаголовком: «Опыт об устройстве и механическом происхождении всего мироздания на основании ньютоновских законов». Это уже определенный прогресс по сравнению с гипотезой Ж. Бюффона, использовавшей только идею притяжения. Кроме того, у Ж. Бюффона причина, обусловившая возникновение солнечной системы, диктовалась случайностью — катастрофой в результате столкновения двух небесных тел. Не случись ее, Земли могло бы и не существовать.

В новой работе случайности исключались. Подобно древнегреческим философам, автор считал, что мир родился из хаоса огромного облака пылевых частиц, беспорядочно двигающихся в разных направлениях. Сталкиваясь друг с другом, притягиваясь, они изменяют направления своих движений, объединяются в более крупные сгустки. Под действием сил притяжения большинство из них устремляются к центру, где начинает расти ядро туманности — будущее Солнце. Из других сгустков, получивших орбитальное движение, формируются планеты.

Так писал Иммануил Кант! Именно он — будущий философ-идеалист — был анонимным автором этой насквозь материалистической гипотезы. Пораженный до глубины души четкостью и математической строгостью ньютоновских законов, И. Кант хотел во что бы то ни стало применить их к тому, чего не сделал сам И. Ньютон, — объяснить механизм творения. Если закон всемирного тяготения позволяет объяснить состояние планетной системы на сегодня, он должен объяснить и ее происхождение, говорил он себе.

Темными осенними ночами молодой, тогда еще

совсем молодой, философ часто подолгу смотрел на небо. И в тумане полосы Млечного Пути виделись ему другие планетные системы и другие Солнца. Нет сомнения, небесные тела, входящие в единую систему, должны быть объединены и общностью происхождения. Земля и Луна, Юпитер и все остальные тела образовались одновременно со своим центральным светилом. Иначе как объяснить, что, разделенные пустыми просторами космоса, не связанные друг с другом ничем, кроме



сил взаимного притяжения, обращаются они от века в ту же сторону, в которую кружится вокруг своей оси и само Солнце.

Но если первозданное облако состояло из частиц, хаотически двигавшихся в разные стороны, то как заставить их начать кружиться в одном направлении? Из законов И. Ньютона, известных И. Канту, такого упорядочивания движений не получалось. И тогда на помощь математике пришла философия. Он вводит в дополнение к ньютоновым силам притяжения силы взаимного отталкивания. Именно они должны помочь сна-

чала частицам, а потом и образовавшимся телам приобрести «свободное круговое движение».

Вы, пожалуй, спросите: откуда выкопал он эти силы? Световое давление во времена И. Канта открыто еще не было, силы электрического отталкивания приспособить для космогонических целей тоже еще никому в голову не приходило. Какова же природа этого отталкивания?

Скорее всего мысль о них возникла у И. Канта из древней как мир философской идеи диалектики о взаимодействии противоположностей, как о всеобщем законе движения мира. Ведь, и занимаясь естествознанием, И. Кант ни на мгновение не переставал быть философом. Правда, биографы пишут, что некоторое время, еще будучи студентом в университете, он питал склонность к точным наукам. Но тут же оговариваются, что в значительной степени это была просто реакция «на избыток религиозного образования в школе». В двадцать два года он даже написал реферат: «Мысли об истинном измерении живых сил», в котором подробно разобрал спор Р. Декарта с Г. Лейбницем. Работа студента философского факультета была написана живо, носила явные признаки самостоятельности мышления, но... не более. И вот после окончания университета и девяти лет гувернерства в частных домах — роли, занимающей промежуточное положение между лакеем и бедным родственником-приживалой, — он пишет ряд блестящих статей о космогонических проблемах. Мало того, что он рассматривает интересующие его вопросы с чисто материалистических позиций, он лишает бога права «первого толчка» и вводит принцип развития космоса. Того самого космоса, который согласно священному писанию сотворен богом и неизменен от века.

Для XVIII века это был смелый вывод. В своей работе «Анти-Дюринг» Ф. Энгельс высоко оценил космогонию И. Канта. «Кантова теория возникновения всех теперешних небесных тел из вращающихся туманных масс была величайшим завоеванием астрономии со времени Н. Коперника. Впервые было поколеблено представление, что природа не имеет никакой истории во времени... Было, конечно, очевидно для всех, что природа находится в постоянном движении, но это движение представлялось как непрестанное повторение одних и тех же вопросов. В этом представлении, вполне соответ-

ствовавшем метафизическому способу мышления, И. Кант пробил первую брешь...»

К сожалению, современники знали И. Канта лишь как философа — автора критического метода и создателя новой критической философии. Натурфилософские сочинения докритического периода никто никогда не вспоминал. Да и сам он в дальнейшем отошел от позиций материализма. «Основные черты философии Канта есть примирение материализма и идеализма, компромисс между тем и другим, сочетание в одной системе разнородных, противоположных философских направлений», — писал В. И. Ленин в работе «Материализм и эмпириокритицизм».

Пройдут годы. Критики разберут гипотезу немецкого философа с физико-математических позиций и докажут, как дважды два, что никакие внутренние силы не способны привести во вращение всю систему туманности. Точно так же, как не удастся никому, схватив себя за волосы, перенести через реку.

В чем же тогда ценность этой не замеченной в свое время гипотезы и почему мы, спустя столько лет, не забыли о ней, как забыли о многих иных, стоящих куда ближе к истине сегодняшнего дня?

Можно, конечно, говорить о том, что гипотеза И. Канта — первая среди обширного класса космогонических гипотез происхождения небесных тел из туманностей. Вслед за Кантовой, все они получили общее название «небулярных», от латинского слова «nebula» — туманность. Но не это главное. Нет! Гораздо важнее то, что И. Кант сознательно рассматривал развитие мира как результат противоположных и противоречивых сил притяжения и отталкивания и возвел этот метод в принцип! О том, что развитие мира происходит в результате взаимодействия противоположностей, люди смутно догадывались еще в древнейшие времена, положив это условие в основы диалектики. Но только после И. Канта взаимодействие противоположных начал планомерно разрабатывается последующими философами как всеобщая закономерность развития бытия и познания, пока не получает окончательного выражения в виде закона единства и борьбы противоположностей в работах К. Маркса, Ф. Энгельса и В. Ленина.

Сегодня исследование любого объекта — от элемен-

тарных частиц и разлетающихся галактик до биологических и социальных законов, которым подчиняется человек и общество, означает, прежде всего, проникновение в противоречивую природу этого объекта или явления. И чем глубже это проникновение, тем вернее теоретическое понимание исследуемых процессов. Тут и дуализм элементарных частиц, проявляющих себя как единство вещества и поля, и силы гравитационного притяжения, и силы электрического и магнитного отталкивания, и все это имеет место в космосе, все формирует галактики.

Подобные примеры из любой области изучения неживой и живой природы может найти при желании сам читатель, дав себе труд проанализировать развитие любой системы из окружающей его действительности.

## ВЕЛИКОЛЕПНАЯ ПЯТЕРКА

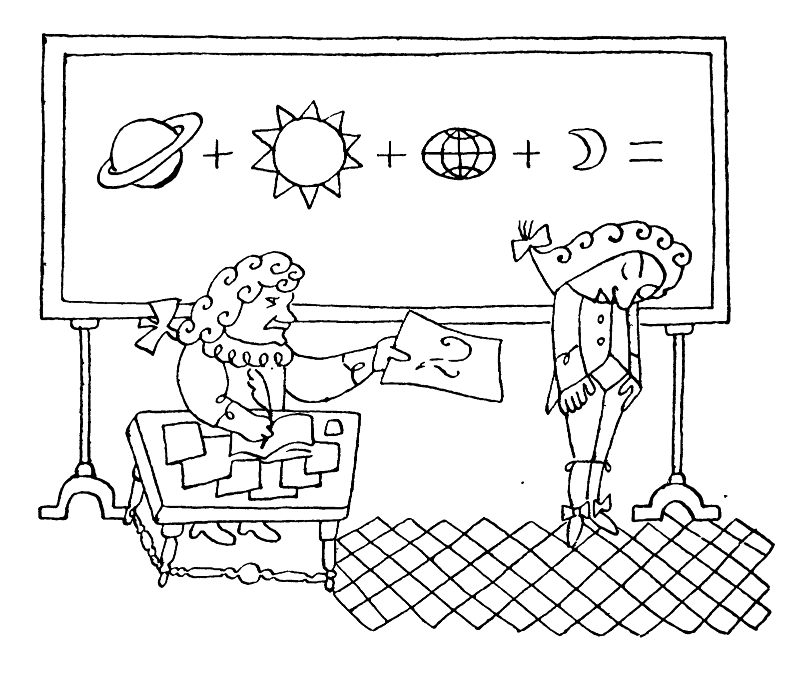
В науке нельзя все время делать открытия. Время от времени ученые должны останавливаться, осматриваться вокруг, учиться, накапливать знания, чтобы потом снова устремляться вперед, в неизвестное.

Когда физики, астрономы и математики, а в «добрые старые времена» все указанные ипостаси умудрялись уживаться в одном лице, как следует вчитались в несравненные ньютоновские «Начала», они обнаружили немало неожиданного. В этой поразительной книге при всей ее целостности и законченности оказалась масса незавершенных идей, множество задач, одни из которых были сформулированы и полностью решены, другие решены приближенно, а третьи вообще остались лишь с намеченным путем для решений. Вот где было просторно последователям.

Например, закон всемирного тяготения позволил И. Ньютону сформулировать и полностью решить «задачу двух тел», как стали называть математический расчет движения двух притягивающихся материальных частиц. Эта задача была особенно важна для астрономии, поскольку позволяла вычислять, к примеру, движение Луны в поле земного тяготения или движения любой планеты в зависимости от притяжения Солнца.

Решение «задачи двух тел» позволило И. Ньютону подтвердить справедливость двух первых законов И. Кеплера и внести уточнение в третий закон. Однако

решение уравнений движения отдельной планеты в поле тяготения Солнца без учета сил тяготения остальных небесных тел оказывалось справедливым лишь для коротких промежутков времени. От года к году к такому результату добавлялись ошибки из-за неучтенных малых сил взаимного тяготения других членов солнечного семейства. Движения планет отклонялись от кеплеровских эллиптических орбит, и таблицы приходилось пересматривать и вычислять заново. Нет, «задача двух



тел» оказывалась слишком приближенной математической моделью.

В начале XVIII века астрономы насчитывали в солнечном семействе 18 законных членов. Прежде всего это было само Солнце, затем 6 планет: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер и Сатурн, а также 10 планетных спутников: Луна, 4 спутника Юпитера и 5 спутников Сатурна. Последним самостоятельным членом солнечной системы считалось кольцо Сатурна, природа которого была в те времена астрономам неизвестна. Вся эта компания, связанная между собой узами тяготения,

которые определяли их взаимные перемещения, в общем, была уже довольно неплохо изучена человечеством. Для окончательной уверенности в беспредельном могуществе математики как метода познания и физической теории, как библии этого метода оставалось только решить задачу:

«Дано — 18 небесных тел, положения и движения которых в данный момент известны.

Требуется — определить с помощью математики из их взаимных притяжений положения и движения каждого из них для любого заданного момента и показать, что результаты вычислений согласуются с наблюдениями».

Все! Решив оную задачу, человечество могло бы почить на лаврах, переписав лик бога Саваофа на лик И. Ньютона. Однако представляет ли себе читатель, что значит достаточно строго решить задачу движения 18 взаимосвязанных небесных тел? Давайте попробуем только перечислить некоторые трудности, встающие на пути такого решения.

Итак, 18 членов солнечной системы. Каждое из них, если считать его абсолютно твердым, то есть не подверженным никаким деформациям, обладает степенями свободы. Это, конечно, понятно — ведь они могут не только двигаться в трех различных направлениях, но и вращаться вокруг трех взаимно перпендикулярных осей. Следовательно, для определения положения тела в пространстве мы должны в каждый момент времени задавать числовые значение 3 координат и 3 углов поворота. Всего 6 неизвестных. Однако сам процесс движения характеризуется скоростью изменения во времени всех этих 6 величин. Значит, еще 6 неизвестных. Помножив 12 неизвестных на 18 членов солнечного семейства, мы получаем миленькую системку с 216 неизвестными.

А теперь пусть читатель вспомнит, как прогрессировали трудности и регрессировали отметки в дневнике, когда он в школе от решения уравнения с одним неизвестным переходил к решению системы уравнений с двумя неизвестными, потом с тремя и так далее... А в нашем случае неприятности на количестве неизвестных еще далеко не кончаются. Для точного решения желательно учесть еще и то, что ни одно из небесных тел не является абсолютно твердым. А изменения фигуры тела, приливы и отливы меняют и скорость его вращения,

и направления осей вращения; изменяется сила взаимного притяжения и нарушаются орбиты спутников. А кроме того, существуют еще электрические и магнитные силы; Солнце ежеминутно теряет массу, которую приобретают планеты; влияет межпланетная среда и суммарное гравитационное действие звезд Галактики; и еще, пусть читатель поверит на слово, многое-многое, что оказывает влияние на «положение и движение небесных тел в любой момент времени». Даже если учесть, что в XVIII веке половина из указанных причин была неизвестна, решение сформулированной задачи представляло собой непреодолимые трудности. Надо было найти такой упрощенный ее вариант, который, с одной стороны, был бы более близок к истине, чем «задача двух тел», а с другой — практически разрешим. В математике такие задачи называются «модельными».

В солнечной системе главной силой, определяющей движения планет, является, конечно, притяжение Солнца. Из влияний планет следует, пожалуй, учесть только влияние Юпитера: он наиболее массивен. Остальными возмущениями для случая «модельной задачи» можно пренебречь. Так специалисты пришли к «задаче трех тел».

К сожалению, общее решение ее оказалось тоже настолько сложным, что до начала XX столетия существовало мнение о невозможности его получения. Почти все крупные математики, астрономы и механики пробовали на этой задаче свои силы. И не безрезультатно. Были получены очень интересные решения для частных упрощенных случаев, которые сыграли важную роль в развитии науки. Особенно много сделали пять выдающихся математиков, живших примерно в один исторический период.

Прежде всего это член Петербургской академии наук Л. Эйлер (1707—1783). За ним следуют французы — члены Парижской академии: А. Клеро (1713—1765), Ж. Лерон (1717—1783), принявший по достижении совершеннолетия фамилию д'Аламбер, и Ж. Лагранж (1736—1813). Все они занимались с тем или иным успехом решением «задачи трех тел» в приложении ее к теории Луны, рассматривая взаимные влияния трех небесных тел: Солнца, Земли и Луны.

Последним членом «Великолепной пятерки» мате-

матиков был П. Лаплас (1749—1827). С него начинается новый период в космогонии, и потому на жизни и деятельности этой колоритнейшей фигуры бурной эпохи французской революции мы остановимся подробнее.

## ПЬЕР-СИМОН ЛАПЛАС И СЕДЬМОЕ ПРИМЕЧАНИЕ К «ИЗЛОЖЕНИЮ СИСТЕМЫ МИРА»

П. Лаплас родился на севере Франции в крестьянской семье. Выдающиеся способности мальчика побудили состоятельных соседей помочь ему окончить школу Ордена бенедиктинцев. Трудно сказать, какие знания вынес П. Лаплас из заведения святых отцов. Но то, что именно после школы он стал убежденным атеистом, — в этом сомнений нет никаких. В 17 лет он становится преподавателем высшей школы в родном городе Бомон и пишет несколько математических статей. Затем, заручившись рекомендательным письмом, отправляется в Париж к Ж. д'Аламберу. Однако известный математик скептически отнесся к провинциальной протекции. Тогда П. Лаплас в несколько дней пишет работу по основам механики и посылает ее Ж. д'Аламберу снова. Справедливость восторжествовала; и скоро молодой честолюбец оказывается принятым в штат преподавателей Парижской высшей школы.

Едва утвердившись, П. Лаплас одну за другой пишет и посылает в Парижскую академию наук свои работы. Редкая настойчивость в сочетании с определенным математическим талантом привели к тому, что в 24 года он становится адъюнктом, а в 36 лет — действительным членом академии.

П. Лаплас как никто умел выделить главное в рассматриваемой проблеме; умел представить сложные явления природы в математической форме, сформулировать условия задачи и подобрать оригинальный метод ее решения.

Перечислить работы П. Лапласа трудно — настолько их много, и так они разнообразны. Однако, несмотря на фундаментальные исследования в области математики и физики, основная часть его работ относится к астрономии.

П. Лаплас доказал устойчивость строения солнеч-

ной системы, то есть постоянство орбит и неизменность средних расстояний планет от Солнца. Открыл причины периодических неравенств в движении Юпитера и Сатурна и решил для этого еще один частный случай знаменитой «задачи трех тел». Рассматривая теорию движения спутников Юпитера, он вывел законы, получившие его имя, и существенно дополнил лунную теорию. Можно сказать, что П. Лаплас фактически ее закончил, дав полный теоретический расчет движения Луны. Конечно, закончил в том смысле и на том уровне, который допускало состояние современной ему науки. Как итог его астрономических работ, следует назвать пятитомный «Трактат о небесной механике», в котором в последовательном изложении он объединил работы И. Ньютона, Л. Эйлера, Ж. д'Аламбера и А. Клеро и в котором сам П. Лаплас дает полное математическое объяснение движению тел солнечной системы.

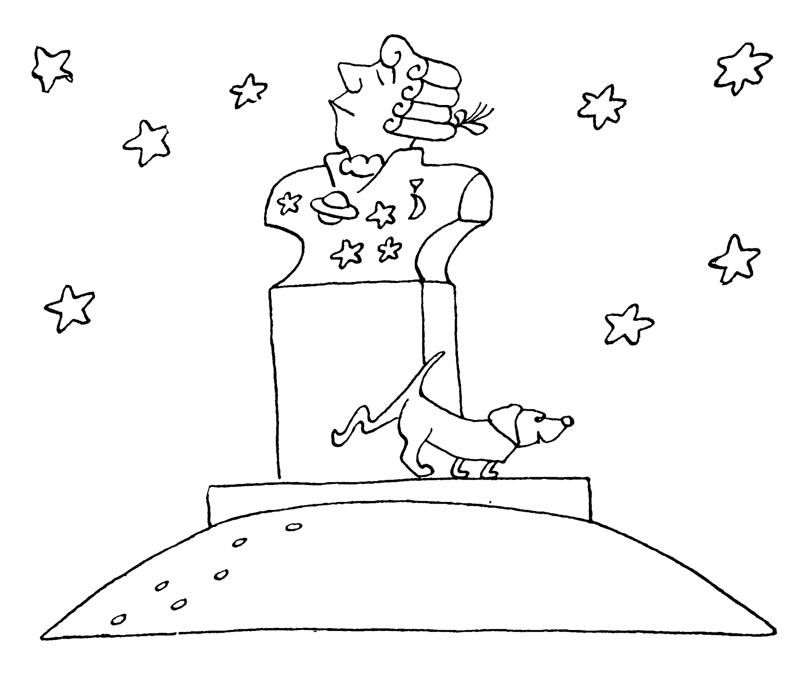
«В конце прошлого века, — пишет он в предисловии к первому тому, — И. Ньютон опубликовал свое открытие всемирного тяготения. С тех пор математикам удалось все известные явления мироздания свести к этому великому закону природы и таким образом достичь в астрономических теориях и таблицах неожиданной точности. Моя цель состоит в том, чтобы представить с единой точки зрения теории, рассеянные по разным работам, соединив вместе все результаты по равновесию и движению твердых и жидких тел, из которых построена наша солнечная система и подобные системы, раскинутые в просторах вселенной, и построить таким путем небесную механику».

Этот трактат еще при жизни П. Лапласа стал классикой. И до наших дней многие идеи великолепной работы лежат в основе теоретической астрономии, а метод изложения служит образцом подхода к решению теоретических задач. Говорят, его последними словами перед смертью были: «Как ничтожно то, что мы знаем, по сравнению с безграничной областью непознанного». П. Лаплас, безусловно, был выдающимся ученым, великим ученым, великим математиком.

Как жаль, что оценка его личности и человеческого достоинства не может быть произведена теми же словами. У П. Лапласа был пренеприятный характер. Исключительно тщеславный, заносчивый и грубый по отношению к людям, стоящим ниже его по обществен-

ной лестнице и к коллегам, он терпеть не мог деликатного Ж. Лагранжа и ссорился с А. Лавуазье. Пожалуй, единственный человек в академии, к которому он относился более или менее прилично, был Ж. д'Аламбер.

П. Лаплас поддерживал республику, превознося свободу, равенство и братство. Но когда Наполеон стал первым консулом, проницательный математик выпросил у него должность домашнего секретаря. Уволенный



через шесть недель за неспособность к этой работе, он был в утешение назначен членом сената. П. Лаплас посвятил третий том своей «Небесной механики» «Героическому умиротворителю Европы», добившись от императора Наполеона графского титула. Но уже несколько лет спустя голосовал за низложение своего кумира и радостно встретил восстановление Людовика XVIII. Готовый признать и отрицать все что угодно ради очередной орденской ленты, он позже и от короля получил звание маркиза и титул пэра Франции.

## «ИЗЛОЖЕНИЕ СИСТЕМЫ МИРА» — ПОПУЛЯРНОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ БЕЗ ЕДИНОЙ ФОРМУЛЫ И БЕЗ ЕДИНОГО ЧЕРТЕЖА

Содержание «Изложения» разбито на пять книг. В конце — ряд коротеньких примечаний. В последнем — седьмом — излагается гипотеза о происхождении солнечной системы. Сам П. Лаплас говорит о гипотезе, что «это догадки об образовании звезд и солнечной системы — догадки, которые я излагаю со всем сомнением, которое должно нам внушать все, что не является результатом наблюдения или вычисления».

П. Лапласа всегда поражали некоторые особенности солнечной системы. Прежде всего, почему все планеты, открытые наблюдателями, обращаются вокруг Солнца в одном направлении? А также, почему их орбиты лежат почти в одной плоскости? Спутники тоже почему-то движутся вокруг своих планет в прямом направлении, и орбиты их лежат в близких плоскостях. Эксцентриситеты всех планетных и спутниковых орбит чрезвычайно малы, и, следовательно, их орбиты близки к окружностям. В то же время орбиты комет очень вытянуты и могут почему-то иметь любые углы наклона к плоскости планетных орбит и солнечного экватора. Нуждалось, по мнению П. Лапласа, в объяснении и то, почему само Солнце и все планеты и спутники вращались вокруг своих осей также в одну сторону. Все эти особенности как бы подталкивали его к мысли, что в основе созидания должна лежать единая причина, единый принцип...

И П. Лаплас делает вывод: различные небесные тела, образующие солнечную систему и связанные общими правилами движения, не могут собраться случайно. Они должны быть объединены общностью происхождения.

Затем, критикуя гипотезу своего соотечественника Ж. Бюффона (о существовании гипотезы И. Канта П. Лаплас просто не знал), он говорит, что механизм, придуманный Ж. Бюффоном, в состоянии объяснить лишь первую особенность солнечной системы — общность движения планет — и никак не объясняет оставшиеся. Более того, тот факт, что орбиты планет — почти окружности, говорит о малой начальной скорости вещества Солнца, вырванного кометой. А в таком случае

сгусток должен был вернуться и упасть снова на поверхность светила.

Нет, делает заключение П. Лаплас, гипотеза Ж. Бюффона неверна. Но каким же можно представить себе механизм образования солнечной системы? И вот перед читателем разворачивается в строгой логической последовательности новая небулярная гипотеза образования небесных тел из первозданной туманности, быстро вращающейся вокруг своей оси.



«Как! Еще одна небулярная гипотеза?» Увы, да! И не последняя, скажем прямо, забежав вперед по времени.

Свою гипотезу П. Лаплас начинает с предположения, что некогда на месте всей солнечной системы существовала раскаленная туманность, вращавшаяся в прямом направлении вокруг оси, проходившей через центр. Естественно, что под действием центробежных сил согласно законам механики туманность сплющивалась в огромную лепешку, края которой заходили далеко за орбиту Урана, последней из известных в то время планет. Постепенно туманность охлаждалась.

А охлаждаясь — сжималась. Но поскольку количество движения ее оставалось прежним, то, сжимаясь, она вращалась все быстрее и быстрее. Так конькобежцы-фигуристы, желая ускорить вращение, крепко прижимают руки к груди, и, наоборот, стоит им их раскинуть, как скорость вращения сразу падает.

С увеличением скорости вращения туманности ее области, наиболее удаленные от оси, начинали испытывать все возрастающую центробежную силу. И в некоторый момент эта сила для самого отдаленного слоя туманности оказывалась больше силы притяжения. Тогда от плоского туманного облака отделилось в экваториальной плоскости кольцо. Со временем центральная часть оказалась, как мишень, окруженная целым роем концентрических вращающихся колец. Медленно-медленно, с позиций быстротечной человеческой жизни, из центральной массы образовалось Солнце, а кольца распались на отдельные сгущения, которые притянулись и поглотились наибольшими из них. Так образовались планеты и их спутники.

Иногда, правда, очень редко, считал П. Лаплас, могут возникнуть обстоятельства, когда сгущение молекул газового кольца происходит без распада на отдельные части. Тогда из него образуется сплошное жидкое или твердое кольцо, типа кольца Сатурна, природа которого в те времена была неизвестна.

Нарушали стройные рассуждения кометы, обладающие вытянутыми орбитами с большими эксцентриситетами. Ну что же, кто мешает предположить, что они являются гостями «со стороны», захваченными Солнцем? П. Лаплас так и полагает. Теперь его гипотеза объясняет все особенности солнечной системы.

Не так, правда, благополучно обстояло дело с объяснением прямого направления вращения планет. Согласно третьему закону И. Кеплера в пределах кольца скорость частиц должна быть чем дальше от центра, тем меньше. Получалось, что все образовавшиеся планеты должны вращаться как раз в обратную сторону, а не в прямую. Это особенно легко понять из рисунка, которого, к сожалению, не сделал П. Лаплас. Впрочем, по-видимому, он знал этот изъян гипотезы и поэтому поспешил предположить, что за счет трения частиц внутренняя граница кольца потеряет большую часть скорости, чем внешняя. В результате все кольцо будет

вращаться с одинаковой угловой скоростью, будто оно твердое. А это вполне обеспечит прямое вращение будущих планет.

В основе своей гипотеза П. Лапласа полностью идентична гипотезе И. Канта. И потому спустя много лет ее стали называть «гипотезой Канта — Лапласа».

Огромный успех выпал на долю книги «Изложение системы мира». У математика П. Лапласа действительно оказался редкий дар популяризатора. Он сам для себя сыграл ту же роль, которую Ф. Вольтер исполнил для И. Ньютона. И, как это часто случается в истории, мир запомнил его не как создателя великой «Небесной механики», а как автора «Системы мира» и творца небулярной гипотезы. У истории на этот счет какие-то свои критерии. Нам они иногда кажутся несправедливыми.

Почему же все-таки именно небулярная точка зрения привлекла внимание П. Лапласа?

Современником П. Лапласа был Вильям Гершель (1738—1822), прославленный английский астроном-наблюдатель. В. Гершель много внимания уделял туманностям. Составляя каталог туманных небесных объектов, астроном делал много рисунков. Глядя на них, он заметил, что все туманности в своих серединках обладают различной степенью сгущения. Эти центральные яркие ядра В. Гершель считал нарождающимися звездами. Он писал: «Эта точка зрения проливает новый свет на устройство неба. Оно мне теперь представляется великолепным садом, в котором находится масса разнообразнейших растений, посаженных в различные грядки и находящихся в различных стадиях развития».

П. Лаплас хорошо знал труды В. Гершеля и не имел оснований сомневаться в достоверности его наблюдений. Выводы английского астронома-наблюдателя оказали большое влияние на взгляды французского астронома-теоретика. Но поскольку верил материалист П. Лаплас все же только тому, что можно было сначала рассчитать, а потом проверить по наблюдениям, то гипотезу свою он оформил лишь в виде «догадок и сомнений». Делом последователей было подвести под нее фундамент фактов и расчетов. И последователи нашлись.

В середине XIX века французский математик Эдвард Рош показал, что туманность П. Лапласа, охлаждаясь, действительно должна вращаться все быстрее и

быстрее. При этом она обязательно сплющится под действием центробежной силы и приобретет чечевицеобразную форму. При дальнейшем вращении с ребра «чечевицы» может начаться отрыв и отделение вещества. Однако, если представить себе оторвавшееся от туманности кольцо как сплошной газовый диск, то плотность его окажется столь незначительной, что причин собираться диффузному веществу в более плотное образование — планету — нет никаких. Сила притяжения между рассеянными частицами слишком мала.

Э. Рош был хорошим математиком и глубоко уважал П. Лапласа. Чтобы обойти возникшее затруднение, он предположил, что отделение вещества происходило отдельными узкими «внутренними» кольцами. Мысль была превосходной не только потому, что снимала указанное затруднение, но и впервые более или менее удовлетворительно объясняла прямое вращение планет.

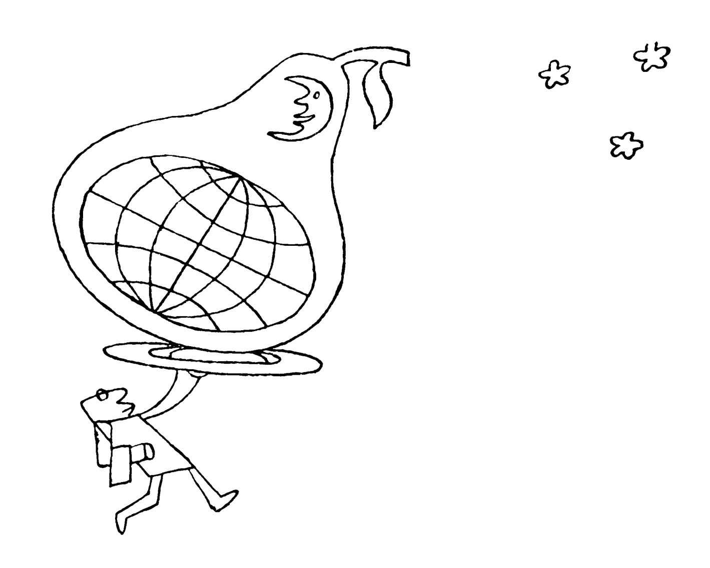
Впрочем, в мемуаре содержалось и существенное противоречие П. Лапласу. Э. Рош утверждал, что кольцо Сатурна не остаток первоначальной туманности, доказывающей правильность общей идеи, а скорее бывший спутник, неосторожно приблизившийся к поверхности планеты и «разорванный» ее силами тяготения. Э. Рош вывел даже минимальное расстояние, на которое может подойти жидкий спутник к планете без опасения быть разорванным приливообразующими силами.

Сближаясь с планетой, спутник постепенно начинает деформироваться. В экваториальной области у него образуются приливные «выпуклости», расположенные в направлении прямой, соединяющей центры спутника и планеты. После того как спутник пересечет границу «безопасности» и войдет в зону Роша, приливные выпуклости превратятся в огромные приливные горбы, бегущие вследствие вращения спутника по его поверхности. Все на нем — горы и долины придут в движение. И в конце концов небесное тело рассыплется. Работа Э. Роша пережила саму гипотезу, для которой должна была служить лишь некоторым подспорьем, хотя в свое время была несправедливо забыта.

Долгие годы гипотеза П. Лапласа пользовалась исключительной популярностью. Но чем более популярна идея, тем большее внимание критики она к себе привлекает.

# ПАДЕНИЕ НЕБУЛЯРНОЙ ГИПОТЕЗЫ





## НАЧАЛО ШТУРМА

Помните, рассуждения П. Лапласа начинались с перечисления особенностей солнечной системы. Затем он построил гипотезу, наилучшим образом, как ему казалось, объясняющую все указанные особенности. Но именно с них начались у небулярной гипотезы неприятности.

Еще при жизни П. Лапласа В. Гершель обнаружил, что два спутника открытого им Урана обращаются вокруг своей планеты в обратном направлении, а плоскости их орбит почти перпендикулярны плоскости орбиты самой планеты. Это явно противоречило условиям Лапласа. Однако творец небулярной гипотезы, готовя книгу к переизданиям — а надо отметить, что только при его жизни она переиздавалась пять раз, — не счел нужным обратить внимание на досадную новость. А между тем обратным движением обладали и другие, вновь открытые спутники планет. Более того, сам Уран летел по орбите

«лежа на боку и чуть-чуть вниз головой». А значит тоже обладал обратным вращением. Такое же подозрение высказывали наблюдатели по поводу Нептуна.

Это уже был скандал. А тут еще выяснилось, что кольцо Сатурна не сплошное, а составное, и внутренние его части вращаются быстрее самой планеты. Спутник Марса — малыш Фобос — тоже обгонял свою планету. Этого механизм образования солнечной системы, предложенный П. Лапласом, выдержать не мог.

В конце концов в орбиту яростных дискуссий оказались втянуты не только вопросы, касающиеся небесной механики, но и астрофизики. Короче говоря, небулярную гипотезу следовало спасать! Для этого много было предпринято героических попыток. Сегодня расположить их все в хронологическом порядке почти невозможно, настолько они переплелись. Но на главных стоит остановиться. Очень уж они интересны.

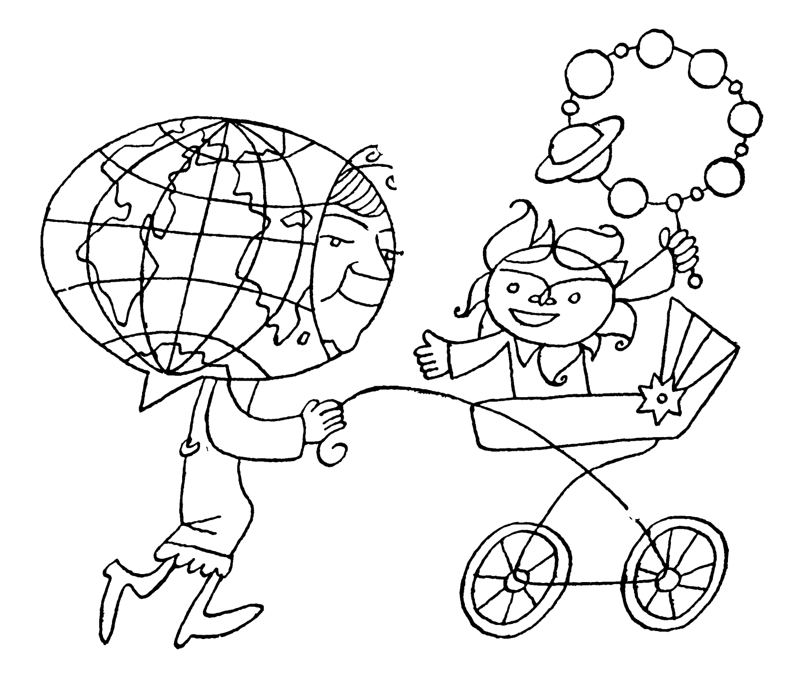
## КОСМОГОНИЧЕСКАЯ ГИПОТЕЗА ЖЕРВЕ-ОГЮСТА-ЭТЬЕНА-АЛЬБЫ ФАИ

Французский астроном, член Парижской академии наук Ж. Фаи был преисполнен намерений укрепить гипотезу соотечественника П. Лапласа. Для этого следовало прежде всего узаконить обратное движение планет. Но он увлекся и вместо простых дополнений к взглядам П. Лапласа выступил со своим вариантом небулярной гипотезы глобального характера.

Прежде всего французский астроном допустил «предвечное существование хаоса» в виде холодной и темной туманности. П. Лапласа вопрос, откуда она взялась, не волновал. Ж. Фаи же решил «попросить у бога, как это сделал Декарт, рассеянную материю и силы ею управляющие». Так писал он сам.

Правда, заявив довольно туманно о своей приверженности к божественному вмешательству, дальше он эту тему развивать не стал. Дальше дело идет само собой. По мере сжатия материя нагревается и в конце концов начинает светиться, как это наблюдается у туманностей. При этом он предполагает, что в процессе сжатия «хаос» пронизывают «потоки летящей

материи». Встретившись, одни из них образуют вихри — родоначальники спиральных туманностей, недавно открытых английским наблюдателем В. Парсонсом (лордом Россом); другие вихри являются причиной образования звездных систем. Главным типом таких образований Ж. Фаи считает двойные и кратные системы. Он настаивает, что это исключительная редкость среди звездных миров. Лишь там, где встречные потоки материи прошли стороной, облака «мелких раскаленных



телец» постепенно сгущаются, образуя планетные системы.

Ж. Фаи придумывает такой механизм планетообразования, который объясняет прямое вращение Меркурия, Венеры, Земли, Марса и Юпитера с Сатурном, но допускает обратное направление вращения для оставшихся Урана и Нептуна.

Получается это у него так. Начало процесса он видит в постепенном образовании кольцевых сгущений, начиная с внутренней области туманности по направлению к периферии. В медленно вращающемся, как еди-

ное целое, облаке скорости движения частиц нормально росли с удалением от центра. И потому родившиеся в густом месиве первозданной туманности первые шесть планет получили нормальное прямое вращение вокруг своих осей. Одновременно с ними или несколько позже сконцентрировалось в центре и будущее Солнце. После чего закон действующих в системе сил должен был измениться. Теперь начинает преобладать центральное притяжение, обратно пропорциональное квадрату расстояния. Оставшиеся частицы движутся теперь не как составные части единого целого, а по кеплеровским орбитам. Скорость их с удалением от центра падает. И потому сформировавшиеся в более позднюю эпоху крайние планеты должны были получить обратное вращение.

Таким образом, Земля и пять ее собратьев оказались старше Солнца, а Уран и Нептун — моложе. Французского космогониста особенно радовало то обстоятельство, что, по библейской легенде, Земля также была сотворена раньше Солнца.

Приведенный пример особенно нагляден в качестве образца спекулятивного мышления. Гипотеза Ж. Фаи не только не смогла освободить небулярный принцип от недостатков Лапласовой теории, но и внесла в него умозрительные допущения и свои трудности. Эпоха качественных рассуждений с помощью придуманных для данного случая логических построений заканчивалась. Наступало время математических моделей.

## ДУЭЛЬ ДЖОРДЖА ГОВАРДА ДАРВИНА И АЛЕКСАНДРА МИХАЙЛОВИЧА ЛЯПУНОВА

Интересно отметить, что династия Дарвинов возвела служение науке в традицию рода. Первый из них — Эразм Дарвин (1731—1802), известный шотландский поэт, был одновременно и неплохим естествоиспытателем. Младший из клана, Чарлз Дарвин, внук и тезка всемирно известного бородатого джентльмена, который, объехав на корабле «Бигль» земной шар, подарил человечеству теорию видов, по сей день достойно представляет английскую физику.

Работа Джорджа Говарда Дарвина (1845—1912) посвящена вопросам эволюции двойной планеты «Земля — Луна». Он задался целью выяснить космогоническое

влияние приливов, порождаемых Луной в недрах Земли, и соответственно тех, что вызывает Земля в Луне. Эти приливные волны, движение которых направлено в сторону, противоположную вращению Земли, тормозят нашу планету, понемногу удлиняя ее сутки. Согласно вычислениям примерно за 100 тысяч лет мы теряем одну секунду. Такое замедление кажется пустяком, но именно торможение за счет внутренних приливов было выдвинуто в качестве одного из средств спасения гипотезы Лапласа. С помощью механизма приливов Д. Дарвин пытался объяснить и изменение направления вращения планет.

Первоначально все планеты имели обратное вращение, говорил он. Однако планеты, сконцентрировавшиеся из раскаленного газообразного вещества, первое время находились в жидком состоянии. Тогда приливные процессы происходили в них во много раз сильнее, чем это можно наблюдать сегодня. Приливные волны так тормозили молодые небесные тела, что те в конце концов почти остановились в своем вращении. Теперь, повернувшись одной стороной к Солнцу, они делали один оборот вокруг своей оси за год. Если к этому времени планета охладилась и затвердела, то характер ее движения мог сохраниться на долгое время. Если же процесс охлаждения и сжатия ее продолжался, то по законам механики должна была непрерывно расти и скорость ее вращения. То есть планеты постепенно начинали вращаться в прямую сторону.

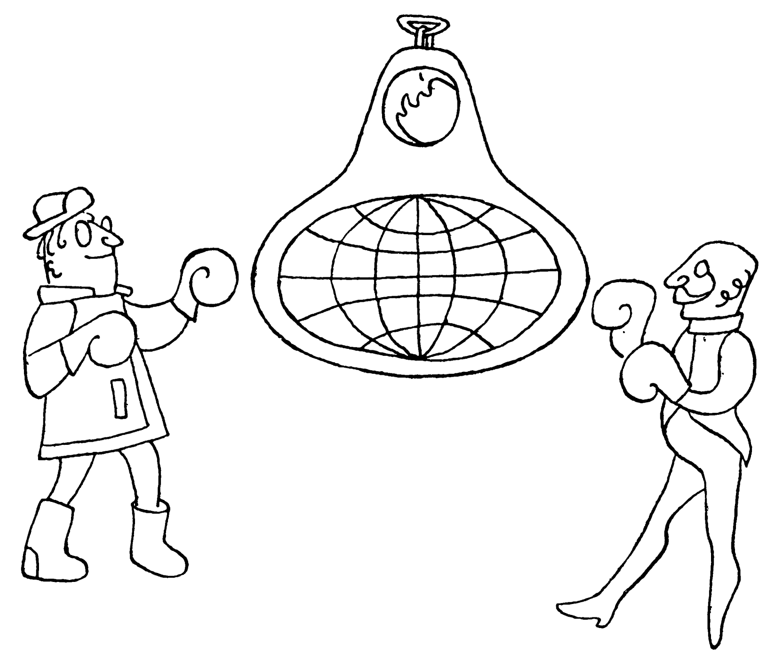
Из всего сказанного Д. Дарвин делал вывод: указанный механизм заставил вращаться в прямом направлении ближайшие к Солнцу планеты, тогда как удаленные от него, значительно меньше подвергаемые действию приливных сил, сохранили первичное направление вращения в обратную сторону.

Работа Д. Дарвина была, пожалуй, самой серьезной поддержкой небулярной гипотезы. Многие из его выводов справедливы, особенно для ближайших к Солнцу планет — Меркурия и Венеры.

Рассматривая проблему эволюции системы «Земля — Луна», Д. Дарвин пришел к выводу, что некогда довольно большое раскаленное до жидкого состояния небесное тело, имеющее грушевидную форму и двигающееся по орбите нашей Земли, разорвалось на две части. Бо̀льшая часть образовала Землю, меньшая —

Луну. Согласно этой теории разделение грушевидной фигуры на две части возможно лишь в том случае, если фигура устойчива. В противном случае она должна разлететься вдребезги. Д. Дарвин произвел математический анализ, который показал, что грушевидная фигура устойчива.

Но полностью согласиться с этим анализом трудно, так как расчеты были слишком приближенными. Строгое исследование проблем устойчивости, пригодное для



космогонических целей, оказалось чрезвычайно трудоемким, и провести его удалось лишь нашему соотечественнику, замечательному математику Александру Михайловичу Ляпунову (1857—1918).

А. Ляпунову было 27 лет, когда он защитил в Петербургском университете магистерскую диссертацию по теме «Об устойчивости эллипсоидальных форм равновесия вращающейся жидкости».

Работа была посвящена трудной проблеме выяснения устойчивой формы небесных тел. В то время предполагалось, что все твердые небесные тела обязательно

прошли через жидкую фазу, и значение мемуара русского математика для космогонии трудно переоценить. К сожалению, работы, написанные на русском языке, с большим трудом находили дорогу к западным читателям. Пребывала в малой известности и диссертация А. Ляпунова.

Примерно в те же годы вопросом, какую форму принимают вращающиеся однородные жидкости, находящиеся в равновесии, занимался выдающийся французский математик Анри Пуанкаре. Он независимо от А. Ляпунова пришел к тому же выводу, который содержался в магистерской диссертации русского коллеги. В отличие от мемуара А. Ляпунова работа А. Пуанкаре не осталась неизвестной. Она произвела огромное впечатление на научный мир. Д. Дарвин был в восторге. Еще бы, мало того, что теория Пуанкаре подтверждала гипотезу, а затем и теорию Д. Дарвина, она позволила английскому астроному выдвинуть еще одно предположение об образовании двойных звезд.

Согласно этой гипотезе однородная, жидкая, вращающаяся вокруг своей оси звезда, охлаждаясь, будет сжиматься и соответственно увеличивать скорость своего вращения, последовательно изменяя форму. При дальнейшем охлаждении вращающееся тело должно разорваться, образовав две звезды.

Последний вывод противоречил результатам А. Ляпунова. Русский математик решил поставленную задачу заново, получив убедительное доказательство, что грушевидная фигура неустойчива. Значит, она не может разделиться на два тела. Александр Михайлович опубликовал свои результаты на французском языке. Между ним и Д. Дарвином завязалась многолетняя полемика. Чтобы убедить мир в своей правоте, А. Ляпунов в одиночку предпринимает гигантскую вычислительную работу, каждый шаг которой тщательно описывает в издаваемых французских мемуарах. К 1914 году титанический труд был успешно закончен и справедливость выводов А. Ляпунова доказана. Увы, ни А. Пуанкаре, ни Д. Дарвина уже не было в живых. Спасти гипотезу Лапласа им не удалось.

А. Ляпунов посвятил науке всю свою жизнь. О его работоспособности ходили притчи. Большинство коллег знали его как постоянно хмурого, сурового и чрезвычайно замкнутого человека, без друзей, с очень ограни-

ченным кругом знакомых. Его лаконичность была беспредельна. А между тем под этой сухой и такой педантичной оболочкой билось верное, очень нежное сердце и горячий темперамент.

В 1918 году, оказавшись в Одессе один, с умирающей от туберкулеза женой на руках, А. Ляпунов застрелился в день смерти своего единственного друга — жены, оставив в завещании просьбу быть похороненным вместе с нею.

## ПОСЛЕДНИЙ ТОЛЧОК И КРАХ НЕБУЛЯРНОЙ ГИПОТЕЗЫ

К 1900 году противоречий в небулярной гипотезе Лапласа накопилось уже столько, что стало очевидно: наступает время ее замены! Однако для окончательного ее падения нужен был толчок. Нужен был такой факт, который, будучи всем абсолютно ясным, не находил бы никакого объяснения в рамках существующей гипотезы. И таким фактом оказалось распределение моментов количества движения в солнечной системе.

Что такое «момент количества движения», он же «кинетический момент», он же «угловой момент»? Прежде всего это одна из важнейших динамических характеристик движения материальной точки или целой механической системы. Особенно важно понятие о «моменте количества движения» при изучении вращения тел. Для планет — это векторное произведение массы небесного тела на скорость его движения по орбите и на расстояние от Солнца. Отсюда произошло и название самой величины: ведь произведение массы на скорость мы называем количеством движения, а векторное произведение количества движения небесного тела на радиус орбиты — момент количества движения.

Если же ни времени, ни охоты к расчетам нет, придется поверить на слово. Примем момент количества движения для Земли за единицу, тогда для Солнца он будет примерно в двадцать раз больше. Запишем: Солнце — 20, Земля — 1.

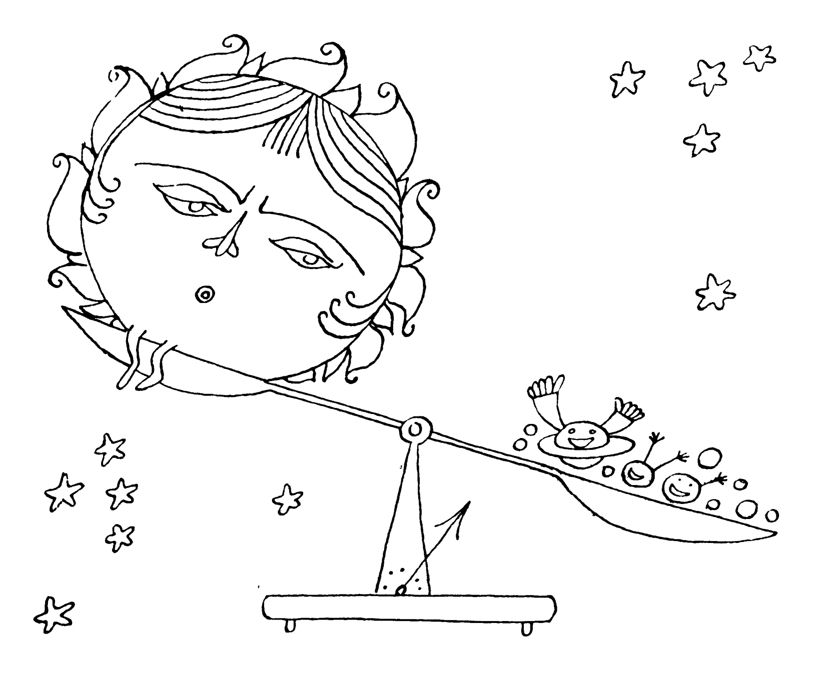
Дальше моменты количества движения для остальных планет распределяются так:

Меркурий — 0,02
Венера — 0,07
Марс — 0,13

| | | |
|---|---|---|
| Юпитер | — | 722,0 |
| Сатурн | — | 293,0 |
| Уран | — | 64,0 |
| Нептун | — | 94,0 |
| Плутон | — | 1,2. |

Всего, если сложить, получается 1174,42!

1174,42 у планет против 20,0 у Солнца? Но как могло получиться, что массивное центральное светило оказалось обладателем менее 2 процентов общего момента

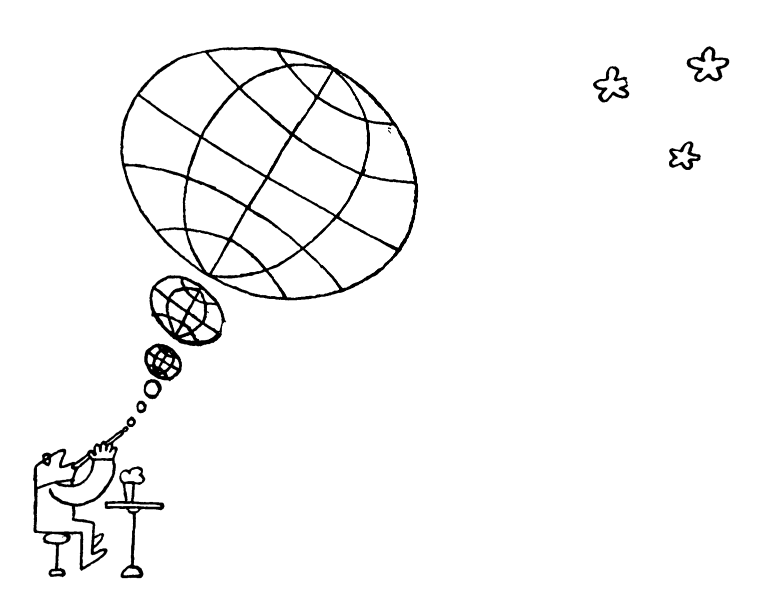


количества движения, а более 98 процентов пришлось на долю легковесных планет? Объяснить этот факт небулярная гипотеза Канта — Лапласа никак не смогла, и он оказался ее могильщиком.

Это означало, что от самой идеи постепенной эволюции солнечной системы следовало перейти к какой-то иной.

Но к какой?

# ПЛАНЕТНАЯ КОСМОГОНИЯ

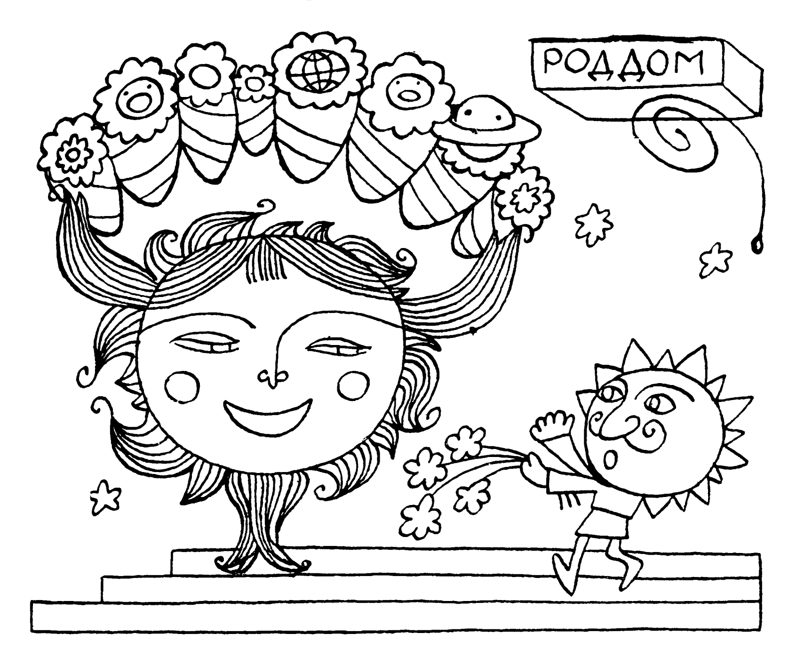


## ПЛАНЕТЕЗИМАЛИ Ф. МУЛЬТОНА И Т. ЧЕМБЕРЛИНА

В 1905 году американский астроном профессор Ф. Мультон вместе с коллегой, тоже профессором Чикагского университета, только геологом, Т. Чемберлином опубликовали новую гипотезу происхождения солнечной системы. Они предположили, что некогда наше Солнце, еще не имевшее планетной свиты, встретилось с другой одинокой звездой. Чужое светило прошло настолько близко от нашего, что из недр Солнца поднялась громадная приливная волна раскаленных сжатых газов. Она устремилась вслед за пришелицей. Впоследствии из этой материи образовались большие планеты.

С противоположной стороны Солнца, где приливные силы были значительно меньше, извержения были слабее. Массы газа, удержанные полем притяжения Солнца, не смогли улететь далеко и образовали близко расположенные малые планеты земной группы.

Механизм образования планет из раскаленного солнечного вещества Ф. Мультон и Т. Чемберлин видели таким. Сначала путем конденсации из клубов газа образовались бесчисленные тела небольших размеров, — создатели новой гипотезы назвали их «планетезималями». Планетезимали быстро охладились и затвердели. Часть из них, отделившись от первоначальной компании, ушла в самостоятельный полет по собственным орбитам. Остальные, сохранив привязанности, остались в




составе больших роев, которые постепенно под действием сил тяготения собрались в твердые ядра — зародыши будущих планет. Ядра облетали Солнце в гуще образовавшихся планетезималей по довольно вытянутым орбитам. Это означало, что скорости их на одних участках пути были больше, на других меньше. Пролетая через безбрежное море планетезималей, ядра собирали их и увеличивались в размерах. И конечно, каждый захваченный обломок либо притормаживал ядро, если оно двигалось быстрее его, либо, наоборот, подгонял, если ядро двигалось медленнее обломка. В соответствии с

выравниванием скоростей менялись и формы орбит ядер. Они становились менее вытянутыми.

Гипотеза Мультона — Чемберлина устраняла трудность в объяснении распределения моментов количества движения. Кроме того, прилетевшая со стороны звезда связывала как-то наше Солнце с остальным звездным миром и включала его в историю общей жизни Галактики. Но были в ней и определенные недостатки. Прежде всего трудно было понять, какие силы, кроме притяжения, помогли выбросу массы газов из Солнца. Может быть, удастся приспособить к этой роли световое давление, открытое русским физиком П. Лебедевым?

По мнению большинства специалистов, силы лучистого отталкивания вполне способны конкурировать с ньютоновским тяготением. Однако после расчетов надежды, возрожденные тонким экспериментом П. Лебедева, сменились разочарованием. Предположения были правильны, но... только для тел микроскопических размеров. Астрономы подсчитали, что всего огромного потока излучения Солнца едва хватит на то, чтобы удержать против сил тяготения массу астероида диаметром едва ли в 15 километров.

Необъяснимо было и предположение Ф. Мультона и Т. Чемберлина, что газовые массы вылетели из Солнца не сплошной непрерывной струей, а отдельными клубами, как бы в результате серии взрывов. Были и другие критические замечания в адрес гипотезы американских профессоров.

Кое-кто начинал понимать, что объяснить столь грандиозное и сложное явление, как образование солнечной системы, с помощью одних только сил тяготения скорее всего не удастся. И тогда скандинавский физик К. Биркеланд занялся исследованием «возможности вытекания заряженных частиц из Солнца и образования из них колец, радиусы которых зависят от отношения электрического заряда частиц к их массе».

Выводы К. Биркеланда убедительными не получились. Слишком велик был еще разрыв между теориями электромагнитного и гравитационного полей, чтобы можно было сразу надеяться на успех такого нового подхода к проблеме.

## «СИГАРА» ДЖЕМСА ДЖИНСА

В 1917 году в Англии вышел из печати труд молодого астронома Дж. Джинса, озаглавленный «Движение масс, находящихся под действием приливных сил, с дальнейшим приложением к космогоническим теориям».

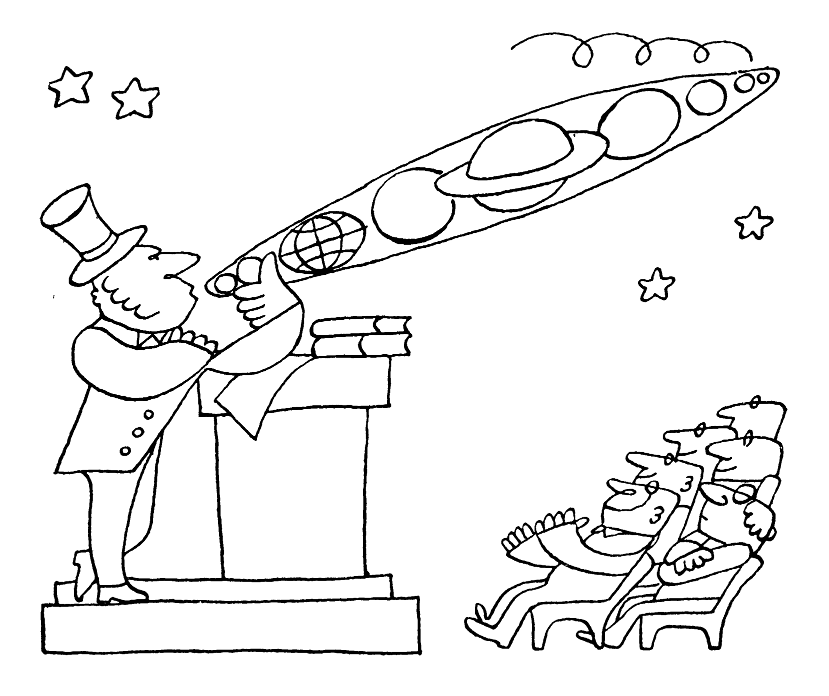
А спустя два года появляется и его фундаментальное сочинение «Проблемы космогонии и звездной динамики». В этой работе Дж. Джинс обобщил весь опыт, достигнутый небесной механикой. И как некогда П. Лаплас начинал свой трактат с критики гипотезы Бюффона, так и Дж. Джинс начинает с критики П. Лапласа.

Читатель может вознегодовать, «почему опять с П. Лапласа? Почему не с Ф. Мультона и Т. Чемберлина? Неужели каждый раз мы будем начинать от Адама?». Дело в том, что к планетезимальной гипотезе американцев Дж. Джинс относился не слишком серьезно. Она не давала объяснения происхождению спутников. Не объясняла, почему орбиты большинства спутников мало наклонены к орбитам самих планет. Кроме того, являясь специалистом в области газовой динамики, Дж. Джинс был твердо уверен, что выброшенные газовые массы ни в коем случае не могли самостоятельно сконденсироваться в плотные планетезимали. Вот рассеяться в пространстве они могли, потому что у облака газа размером в планетезималь масса слишком мала, чтобы силы взаимного притяжения превысили обычное газовое давление. Вывод важный. Он еще понадобится нам в будущем, и потому стоит его запомнить.

Дж. Джинс остановился на теории Лапласа как на примере, с его точки зрения, принципиально невозможного механизма образования планет. Ну а если планетная система не может образоваться постепенно из туманности, то остается только катастрофа. «Tertium non datur», как говаривали древние римляне. — «Третьего не дано!» И читатель узнаѐт из книги Дж. Джинса о такой же встрече Солнца с неизвестной звездой, как это уже было у Ф. Мультона и Т. Чемберлина.

Переходя к описанию своей гипотезы формирования планетной системы, английский астроном с самого начала заявляет, что это событие — чистая случайность,

почти чудо. По приблизительной оценке вероятность такой встречи не больше чем один случай на триллион звезд — условие практически невозможного события. То есть в нашей Галактике, насчитывающей всего сто миллиардов звезд, ожидать второй подобной встречи нечего и думать. Впрочем, обстоятельства эти Дж. Джинса нисколько не волновали. «...Звезды очень редко приближаются друг к другу, — говорил он позже, — и почти невероятно редкий случай для двух звезд подойти настолько близко, чтобы родились планеты. Планеты, а также, можно полагать, и жизнь чрезвычайно редки во вселенной. Мы можем рассмат-



ривать это с удовлетворением или нет, по нашему выбору».

Солнце, по Дж. Джинсу, сначала было обыкновенной одиночной звездой, которая вполне нормально прошла все стадии своего развития. А потом, несколько миллиардов лет назад, ее путь пересекла другая, наверное, более крупная звезда. Если бы наше Солнце

по всей глубине было однородно, оно вытянулось бы, превратившись в эллипсоид. Но поскольку плотность его с глубиной растет, то на поверхности образовались большие приливные горбы, превратившиеся в конические выступы. И когда расстояние между Солнцем и проходящей звездой стало приближаться к пределу Роша, из вершины приливного конуса, как из вулкана, началось бурное извержение солнечного вещества. Гигантская струя по форме должна была напоминать сигару, утолщенную в середине, потому что самое сильное извержение происходило в тот момент, когда звезда была наиболее близко. «Сигара» впоследствии распалась на отдельные сгустки. Причем из толстой средней ее части образовывались планеты-гиганты, а из тонких кончиков — планеты земной группы.

Дж. Джинс все предусмотрел и рассчитал. Момент количества движения планетам был передан проходящей звездой; она же задала им и прямое направление обращения; орбиты их сначала были вытянутыми, эллиптическими, но постепенно под влиянием торможения в остатках первоначальной газовой материи округлились; когда же из газообразного состояния планеты перешли в жидкое, те же приливные силы образовали у каждой из них систему спутников.

Оставались необъясненными лишь кометы и малые планеты — астероиды, — которых в то время было открыто уже достаточно много. Для них Дж. Джинс не стал изобретать ничего нового. Кометы, считал он, захвачены во время их странствий, а астероиды, в основном располагающиеся в пространстве между орбитами Марса и Юпитера, являются осколками некой большой планеты. Когда-то она подошла слишком близко к Юпитеру, и приливные силы разорвали ее тело на части. Правдоподобно? А почему бы и нет? Вспомните работы Э. Роша...

Все было очень хорошо. Гипотеза Дж. Джинса в рекордный срок завоевала умы и сердца современников. Специалистам она нравилась строгостью, можно сказать, математичностью рассуждений; неспециалистам — наглядностью, а также тем, что в ней было немало знакомого и привычного наряду с новым и необыкновенным. Именно такое сочетание, как известно, особенно привлекает, возбуждая любознательность.

Новая гипотеза вошла во все учебники. Ни слова

против не сказали и теологи с богословами. Кстати, а почему?

Да потому, что утверждение Дж. Джинсом исключительности образования планетной системы и еще большей исключительности — почти на грани чуда — зарождения на ней жизни лило воду на обветшавшее колесо религии. В общем, святые отцы, утомившись от аплодисментов, потирали ладошки.

Были, конечно, слабые места и в этой работе. Например, процесс образования спутников, а также объяснение вращения планет вокруг оси. Вот как пытался Дж. Джинс решить первую проблему. Согласно гипотезе начальное обращение планет было очень медленным. И когда вновь сформированные планеты в первый раз проходили через перигелий, силы притяжения Солнца вырвали из них часть вещества, превратившегося затем в их спутники.

Однако большинство спутников настолько малы, что если бы они в начальный момент состояли из газа, то тут же рассеялись бы. Ведь сила притяжения в малых массах значительно уступает внутреннему газовому давлению. Читатель помнит, что это вытекало из теории самого Дж. Джинса. Значит, спутники сразу должны были быть либо жидкими, либо твердыми. Ученого не смущал тот факт, что из жидкого тела вырвать множество маленьких спутников невозможно. Самое большее, на что способны приливные силы, это создать один большой спутник, вроде нашей Луны. Твердое же тело при таких обстоятельствах просто все рассыпалось бы на части. Нет, тут что-то было не так...

Еще хуже обстояли дела с объяснением вращения планет вокруг своей оси. Некогда приливная теория Д. Дарвина приписывала возникновение вращения планет главным образом обратному падению на их поверхности части вещества, исторгнутого при образовании спутников. Но чтобы привести, например, во вращение Юпитер, масса упавшего вещества должна была равняться примерно $^1/_{15}$ массы всей планеты, что раз в четыреста должно было превышать массу всех его спутников, вместе взятых...

Так постепенно стали накапливаться скептические замечания и по поводу этой великолепной гипотезы.

## ДОПОЛНЕНИЯ ГАРОЛЬДА ДЖЕФФРИСА И КРАХ «КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ» КОНЦЕПЦИИ

В 1929 году английский геофизик Гарольд Джеффрис предложил небольшое добавление к гипотезе Дж. Джинса, которое снимало затруднение с объяснения осевого вращения планет. Г. Джеффрис предложил считать, что звезда прошла не на далеком расстоянии от Солнца, едва достигнув предела Э. Роша, как это было у Дж. Джинса, а значительно ближе, может быть, даже зацепила наше светило. Произошло «скользящее боковое столкновение», после которого звезда, продолжая свой путь по гиперболической орбите, исчезла в космосе. Из Солнца эта катастрофа вызвала извержение большого количества материи. «Большая ее часть, — пишет Г. Джеффрис, — упала обратно на Солнце; некоторое количество могло последовать за звездою или независимо уйти в пространство; остаток, отклоненный и приведенный в движение притяжением звезды (или толчком при столкновении, если оно было), образовал сырой материал для планет». А возникшее в этих остатках диффузной материи турбулентное — вихревое — движение дало начало вращению будущих планет.

Все вздохнули с облегчением. Казалось, человечество получило вполне надежную гипотезу возникновения солнечной системы. Добавление английского геофизика было настолько существенным, что с тех пор вся концепция получила название «гипотезы Джинса — Джеффриса». Теперь можно было остановиться — оглянуться. Как вдруг...

В 1935 году в Принстонском университете (США) работал выдающийся астроном Генри Норрис Рессел. Уже в те годы его называли в астрономии фигурой первой величины. И вот из печати выходит его научно-популярная книжка: «Солнечная система и ее происхождение». Целью ее, как пишет он в предисловии, «было только изложение современного состояния наших знаний о солнечной системе».

Это замечательно, когда крупный ученый берется за популяризацию своей науки. Наука из первых рук — что может быть лучше! Но только в том случае, когда вышеназванный ученый излагает не тривиальные истины «несвойственным ему простым языком», а дает свою

оценку накопившимся фактам, знакомит читателя со своими сомнениями, своим особым мнением. Короче говоря, когда ученому есть что свое сказать по избранному предмету.

Г. Рессел был настоящим ученым, и потому ему было «что сказать». Обсуждая гипотезу Дж. Джинса, Г. Рессел перечисляет ряд затруднений и останавливается на одном: «Гораздо более серьезная трудность встает, когда мы рассматриваем распределение момента количества движения — на этот раз не полного момента планет, но момента, приходящегося на тонну...» И дальше с помощью самых элементарных расчетов на глазах у читателя он получает удельный момент планет, в среднем раз в десять больший, чем у звезды. И это даже при самых наивыгоднейших, с точки зрения гипотезы Джинса, условиях.

Автор предвидит возражения читателя: «Опять момент! И опять Дж. Джинс! Ведь мы уже перешли к гипотезе Джинса — Джеффриса!» Совершенно верно. Но, по расчетам Г. Рессела, добавление Г. Джеффриса только ухудшало положение. Чем ближе к Солнцу проходила встречная звезда, тем меньше должен был быть ее удельный момент относительно нашего светила. Следовало либо увеличить расстояние при встрече, что означало вернуться к гипотезе Джинса, либо увеличить массу звезды.

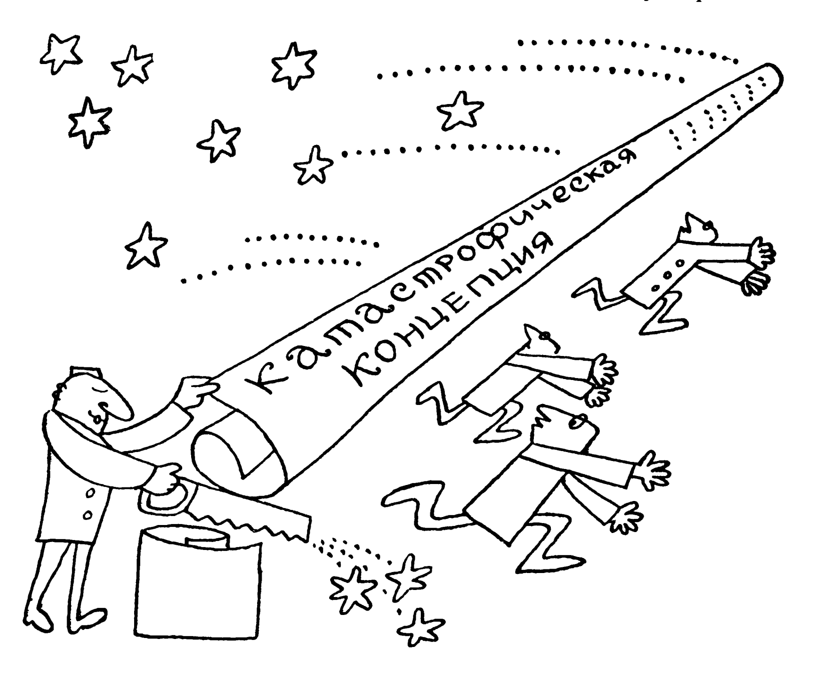
Что ж, пожалуй, последнее требование выполнить не так трудно... Во сколько? По расчетам, получалось, от ста до пятисот раз!

Но это же совершенно невозможно! Все астрономы знали, что звезд с массой, более чем в сто раз превышающей массу Солнца, не существует. Да и вообще столкновение (или почти столкновение) Солнца со звездой не могло привести к образованию планет. Судите сами: при такой близкой встрече лента вещества, протянувшаяся между обоими небесными телами, должна состоять, очевидно, наполовину из солнечной материи, наполовину из звездной. При этом, как писал Г. Рессел: «...Середина ленты (состоящая из равных частей солнечного и звездного вещества) оставалась бы в этой точке без движения, одинаково притягиваемая Солнцем и звездою...» Какие уж тут планеты?

Немало затруднений вызывало и объяснение огромных размеров солнечной системы.

Короче говоря, после выступления Г. Рессела катастрофическая гипотеза Джинса — Джеффриса неожиданно сама оказалась перед катастрофой. Оба ее автора беспокоились об общем моменте количества движения планет, и тут вроде бы все обстояло благополучно. Но им даже в голову не приходила мысль проверить, как обстоят дела с удельными моментами. А это оказалось роковым...

Г. Рессел сам пытался спасти их гипотезу, предпо-




ложив, «что перед встречей Солнце было двойной звездой и имело спутника значительно меньше себя, который вращался вокруг на расстоянии, сравнимом с расстоянием больших планет. Столкновение с проходящей звездой (или, может быть, тесное сближение) разбило этот спутник на осколки, которые развились в теперешние планеты».

Сам Г. Рессел относился к этой своей гипотезе с достаточной долей скептицизма. Он честно указывал на ряд трудностей, справиться с которыми был не в состоянии. Первая из них заключалась в том, что «...не-

обходимо или допустить, что спутник Солнца имел малую массу (меньше одного процента массы Солнца), или найти способ избавиться от его остатка.

Я не вижу способа сделать последнее, за исключением фантастического допущения, что проходящая звезда произвела почти центральный удар при столкновении и унесла с собой все, за исключением нескольких брызг».

Затруднение объяснялось тем, что столь малых звезд, масса которых равнялась бы общей массе планет солнечной системы, никто никогда не наблюдал. В наши дни считается доказанным, что, если небесное тело имеет массу меньше 0,07 солнечной, в недрах его просто не возникнут необходимые реакции, способные превратить холодное небесное тело в звезду.

Вторая трудность, по мнению Г. Рессела, заключалась в том, что «...мы не знаем, могло ли столкновение расколоть одну массу на несколько частей сравнимого размера, да и математическая обработка этой задачи была бы чрезвычайно трудна».

И «в-третьих, невероятно, чтобы плоскость орбиты первоначального спутника Солнца и плоскость орбиты, пришедшей звезды были хотя бы грубо параллельны. Если же этого не было, то разъединенные обломки спутника стали бы двигаться по орбитам, очень сильно наклонным друг к другу».

Тем не менее общая мысль, высказанная Г. Ресселом, была подхвачена английским астрономом Р. Литтльтоном. В результате мучительных расчетов он в конце концов доказал, что можно найти такие начальные условия, при которых «проходящая звезда, столкнувшись или почти столкнувшись с первоначальным спутником Солнца, выбросит его за пределы влияния Солнца и сама тоже улетит в бесконечность». В этом случае между проходящей звездой и спутником Солнца могла образовываться струя газового вещества. Часть ее должно было удержать при себе Солнце, и из нее формировались планеты.

Это усложнение гипотезы привело к еще меньшей вероятности встречи двух звезд, чем то было у Джинса — Джеффриса. Кроме того, если подсчитать баланс энергии, то получится, что на выбрасывание спутника за пределы сферы действия Солнца понадобится энергии раз в сорок меньше, чем на вырывание из него струи

вещества. Значит, одновременно эти два явления существовать не могут.

Между астрономами всех континентов разгорелся ожесточенный спор, в процессе которого в ход пускались всевозможные обвинения.

С началом второй мировой войны дискуссия потеряла свой международный характер и несколько поутихла. Правда, в 1942 году сам Дж. Джинс еще раз попытался вернуться к своей гипотезе, чтобы сделать ряд добавлений и уточнений. Но опубликованные одновременно расчеты советского астронома Н. Парийского и новые результаты исследований эволюции звезд свели его усилия к нулю.

Нет, катастрофическая концепция надежд тоже не оправдала. Г. Джеффрис публично отказался от выдвинутой им гипотезы, изъяв ее из нового издания своей книги «Земля, ее происхождение, история и строение». Более того, открывая дискуссию 1958 года на симпозиуме о происхождении Земли и планет, он сказал: «Я думаю, что меня попросили открыть дискуссию потому, что я скептически отношусь ко всем современным гипотезам».

Это заявление говорит о том, что, отказавшись вслед за небулярной гипотезой от гипотезы катастроф, космогонисты должны были направить свои усилия на поиски новых возможностей.

## В ПОИСКАХ НОВЫХ ПУТЕЙ

Уже в переходные годы, когда одна космогоническая концепция сдавала свои позиции другой, когда новые открытия ввергли всю физическую науку в состояние глубокого кризиса, на ведущее место в решении принципиальных научных проблем выходят русские, а затем и советские ученые.

В конце XIX века гипотеза Канта — Лапласа подвергалась всесторонней критике. Однако механизм формирования самой Земли оставался почти не затронутым критикой. По-прежнему считалось, что в результате сжатия допланетных тел температура их повышалась, и они расплавлялись. Затем светящиеся раскаленные тела стали постепенно охлаждаться и покрываться твердой коркой, сохранив внутри огненно-жидкие ядра. Такими представлялись планеты солнечной системы.

Убежденность в существовании раскаленного ядра Земли прочно базировалась на многочисленных наблюдениях повышения температуры в шахтах с глубиной. Экстраполируя полученные результаты, геологи вычисляли глубины, на которых минералы должны были находиться в расплавленном состоянии, затем переходить в газообразное состояние... По мнению шведского физика С. Аррениуса, много занимавшегося вопросами космогонии, раскаленные до газообразного состояния недра Земли сжаты настолько сильно, что газы представляют собой фактически твердые тела, способные, однако, при любом изменении давления легко перемещаться.

С. Аррениус полагал, что толщина земной коры не превышает 40 километров. И что уже на глубине 300 километров температура настолько высока, что все тела находятся в газообразном состоянии. Центр же Земли, по его мнению, заполнен газообразным железом. Шведский ученый считал, что радиус этого ядра равен не меньше чем 80 процентам радиуса Земли, 15 процентов составляет также газообразный слой магмы горных пород, 4 процента — огненно-жидкий слой и только 1 процент земного радиуса занимала в его модели твердая кора.

Убеждение в том, что Земля сформировалась в результате медленного остывания из расплавленного состояния, было всеобщим, и смена небулярной гипотезы катастрофической на эту точку зрения практически никак не повлияла: раскаленные сгустки солнечного вещества — будущие планеты также остывали, сжимались и покрывались коркой.

Были, правда, незначительные отступления от «общепринятого мнения». Так, известный шведский полярный исследователь Н. Норденшельд, член Стокгольмской и член-корреспондент Петербургской академий наук, обнаружив в глубинах ледяных пустынь Гренландии «космическую пыль», выступил со своей космогонической гипотезой, предполагающей рождение Земли в результате столкновения метеоритов. Но его точка зрения широкого распространения не нашла.

Высказывались также предположения, что земная кора обязана своим происхождением космической материи в виде пыли, камней и прочих обломков, выпадавших на нее. Однако геологов весьма смущало то об-

стоятельство, что вещество недр планеты непохоже на побывавшее в переплаве.

В 1896 году французский физик А. Беккерель открыл радиоактивность — способность соединений урана испускать невидимые лучи. В 1903 году его соотечественник П. Кюри обнаружил, что в радиоактивных элементах одновременно с распадом атомов происходит и тепловое лучеиспускание. Причем последнее явно зависит от времени и количества распадающихся атомов. Эти работы положили начало новому взгляду на геологическую историю Земли, а следовательно, и на космогонию солнечной системы.

В 1908 году в Дублине на съезде Британской ассоциации наук выступил профессор минералогии и кристаллографии Дублинского университета Д. Джоли с докладом о геологическом значении радиоактивности. Выводы его были поистине сенсационными. Во-первых, расчеты показывали, что количества тепла, испущенного радиоактивными элементами земной коры, вполне достаточно, чтобы объяснить существование магмы и вулканов, а также смещение континентов и горообразование. Докладчик, правда, не решился опровергнуть мнение, будто природа тепла внутри Земли космического происхождения. Но семя сомнения было брошено.

По окончании доклада к Д. Джоли подошел один из иностранных гостей съезда и серьезно и искренне сказал, поблагодарив докладчика:

— Вы мне открыли глаза!

Этим гостем был недавно избранный экстраординарный член Петербургской академии наук и профессор Московского университета Владимир Иванович Вернадский. Слова его не были ни простой вежливостью гостя, ни преувеличением. В. Вернадский приехал в Дублин с твердыми представлениями менделеевской школы о неизменности химических элементов и неделимости атомов. И вдруг: «...явления радиоактивности связывают материю со временем в том смысле, что элемент материи — атом — имеет строго определенную длительность, конечное существование и неизбежно распадается в ходе времени!» Эти слова, которыми Д. Джоли закончил свой доклад, поразили В. Вернадского.

Съезд, бесспорно, удался. Один за другим поднималась на трибуну химики и физики — ученые с мировыми именами, широким кругозором и глубокими позна-

ниями. Это они своими экспериментами взламывали устоявшуюся картину мира, открывая новые свойства вещества. Нелегко было В. Вернадскому разобраться в бесчисленных противоречиях новой физики, освоиться с новыми понятиями, согласно которым привычная мертвая и неподвижная материя состояла из атомов, электроны которых находились в непрестанном движении. Однако мощный ум и основательная научная подготовка В. Вернадского позволили ему не только удивиться, но и принять новые революционные идеи, в корне менявшие основы существующего мировоззрения.

Вернувшись домой, В. Вернадский все чаще задумывается над общей схемой химической истории Земли. Его воображение рисует все более грандиозную картину, в которую наша планета вписывается на равных с остальными небесными телами, объединенными общими законами мироздания.

Прошел всего год, и, открывая геологическую секцию XII съезда русских врачей и естествоиспытателей, В. Вернадский говорит о новой науке — геохимии. Изучать историю атомов, понимаемых как химические элементы на Земле, от них пролагать путь к познанию космоса — вот задачи, которые ставит он перед новой наукой. Как завороженные смотрят слушатели на стройного человека, стоящего на кафедре. Высокий глуховатый голос его маловыразителен, а доклад длинен. Но три часа собравшихся в зале не отпускает напряжение, ибо то, о чем говорит этот хмурый академик с углубленным взглядом за стеклами очков и непокорным вихром, ново, оригинально и никогда ранее не слышано. Перед присутствующими прямо здесь, в зале, на их глазах, творится Наука.

С годами В. Вернадский надежно зарекомендовал себя сторонником новой атомистики, поражая коллег необычными выводами и такими широкими обобщениями, что даже они, привыкшие ко всему, только разводили руками.

Одновременно с занятиями наукой В. Вернадский немало сил отдает общественной и политической деятельности. Нетерпимый к несправедливости, он в составе 124 профессоров и преподавателей Московского университета подал в отставку, протестуя против репрессий, предпринятых царским правительством.

Приняв революцию, В. Вернадский в 1918 году

занимается организацией Украинской академии наук. Он всегда любил Украину. Его предки жили на этой земле. Может быть, потому и стала так скоро столь мощной научной организацией молодая республиканская академия, первым президентом которой был В. Вернадский.

В 1921 году, вернувшись в Петроград, он вместе со своим учеником В. Хлопиным организует знаменитый Радиевый институт, из которого позже вышла плеяда замечательных советских физиков во главе с И. Курчатовым. И все эти годы он не устает пропагандировать новую точку зрения на геологическую историю Земли. В «Очерках по геохимии», изданных в 1927 году, В. Вернадский пишет: «...атомная радиоактивная теплота, а не остаточная теплота остывающей планеты, как это думали еще совсем недавно, есть основной источник той теплоты, которая объясняет все геологические процессы, идущие на Земле».

В 1937 году на XVII Международном геологическом конгрессе, состоявшемся в Москве, В. Вернадский окончательно сформулировал свою точку зрения на физико-химическую эволюцию Земли, включив ее в общую космогонию планетной системы. В своем докладе он уверенно говорит, что Земля — тело холодное, сформировавшееся скорее всего также «холодным способом». Даже в самых горячих очагах магмы температура не может подниматься выше 1200 градусов. Причем области высокой температуры скорее всего сосредоточены в земной коре, их мощность не превышает 60 километров, и они не представляют собой сплошного огненно-жидкого слоя. Температура же ядра Земли может оказаться очень низкой, не превышающей температуры метеоритов, попадающих к нам из космического пространства. В. Вернадский был уверен, что геологический состав Земли не остается постоянным. Медленно, атом за атомом, одни химические элементы гибнут, давая жизнь другим. По мнению ученого, в состоянии радиоактивного распада находятся все химические элементы. Люди просто пока не владеют методами, позволяющими это явление обнаружить.

«Геохимия, — писал он, — является неразрывной частью космической химии». И это был новый и прогрессивный взгляд, переводящий решение некоторых космогонических проблем из плана умозрительного в

область эмпирическую, основанную на исследованиях и новых фактах.

В 1933 году советский астроном С. Всехсвятский сформулировал свою теорию извержений, согласно которой «малые тела солнечной системы, в частности кометы, возникают в результате эруптивных процессов на поверхностях планет-гигантов». Эруптивными специалисты называют процессы, связанные с извержениями, с вулканизмом.

В конце 30-х годов в научно-исследовательских институтах, на обсерваториях нашей страны начинало работать новое поколение ученых: молодое, полное смелых идей. Но началась война.

22 июня 1941 года вторая мировая война перешагнула границы Советского государства и обернулась для нас Великой Отечественной войной. Линии фронтов перегородили страну, разорвали научные связи. Астрономы надели военную форму и занялись делами, весьма отличающимися от наблюдений и теоретических изысканий. В книге известного американского астронома Отто Струве «Астрономия XX века» называется несколько имен замечательных специалистов тех лет. Многие обсерватории и их научные сотрудники были эвакуированы в тыл. Но один из самых известных ученых, профессор астрономии Ленинградского университета К. Огородников, вступил добровольцем в ряды защитников великого города и был там в течение длительной блокады...

Молодой астроном Г. Страшный (Харьковская обсерватория. — *А. Т.)*, работы которого известны западным ученым, был расстрелян немецкими оккупационными властями. М. Саврон, Ю. Фадеев и А. Раздольский из той же Харьковской обсерватории умерли от голода.

Астрофизики И. Тимошенко и В. Перцов погибли с оружием в руках. Женщина-астроном Ляля Убийвовк стала руководителем партизанского отряда на Полтавщине; она была схвачена и замучена эсэсовцами...

Это то немногое, о чем знает американский ученый.

Для нас мемориальные списки героев, «павших в борьбе за свободу и независимость нашей Родины», значительно длиннее. Поезжайте, посмотрите. Они есть на каждой обсерватории, пережившей войну, разрушенной и восстановленной после победы.

Послевоенный период показал небывалый подъем интенсивности астрономических работ. Все понимали, что старые «добрые» времена умозрительного построения гипотез и спокойного теоретического истолкования избранной картины прошли навсегда. Вопросы формирования и развития небесных объектов нельзя было больше решать, не зная, что собой данные объекты представляют. И вот закладываются фундаменты новых обсерваторий. Успехи радиолокации военных лет обеспечивают бурное развитие радиоастрономии. Астрономы обретают возможность получать информацию о таких далеких объектах и с таких расстояний, о каких раньше не смели и задумываться.

Из состава науки о происхождении и развитии небесных тел и их систем выделилась звездная космогония, опирающаяся на успехи астрофизики и радиоастрономии. Родилось в ее недрах новое направление — космогония галактик. Даже планетная космогония отчетливо стала ветвиться на направления, каждое из которых требовало нового подхода. Так, одно из них решало проблему: откуда и как появилось возле Солнца вещество, из которого образовались планеты, и в каком состоянии это вещество находилось? Второе направление касалось выяснения процесса образования планет из первичного вещества. Третье интересовалось первоначальным состоянием Земли. А ведь были еще спутники, были кометы и астероиды.

Чтобы строить новые космогонические гипотезы, мало было отказаться от классической формы космогонических исследований. Отныне любая вновь выдвинутая теория не могла ограничиваться объяснением свойства одной лишь солнечной системы. Ее выводы должны быть справедливы для миллиардов других звезд Млечного Пути и объяснять зарождение и существование множества других планетных систем. Сделать это было, пожалуй, труднее всего. Потому что хоть и существует мнение о том, что такие планетные системы весьма распространены в Галактике, пока их еще никто не наблюдал. Значит, трудно говорить, какие из особенностей нашей солнечной системы являются фундаментальными и обязательными для планетных систем вообще, а какие носят частный характер.

К середине XX столетия все известные раньше трудности возросли. Помните, мы сформулировали усло-

вие задачи для «точного» расчета планетных движений: «Дано: 18 небесных тел, положения и движения которых в данный момент известны...» и так далее. Затем, получив систему уравнений с двумястами шестнадцатью неизвестными, мы пришли к выводу, что для решения она, пожалуй, трудновата. Это относилось к временам двухсотлетней давности.

Сегодня же, в XX веке, число «законных» членов солнечной системы, без учета влияния которых нельзя и думать о «точном» решении задачи их движения, перевалило за 2 тысячи... Это означало, что количество неизвестных в уравнениях стало больше 24 тысяч! А к этому еще нужно добавить условия деформации, влияние приливов, дефекты массы Солнца и прибавление в весе планет. Необходимо учесть роль межпланетной среды, электромагнитные силы и так далее и тому подобное. Так что сейчас, пожалуй, действительно любая попытка разрешения этой проблемы таким способом была бы безнадежной.

Надо было срочно искать выход из тупика.

## СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА, КАКОЙ МЫ ЕЕ ЗНАЕМ СЕГОДНЯ...

А теперь, прежде чем переходить к рассказу о гипотезах планетной космогонии последних лет, стоит подвести некоторый предварительный итог тому, что мы знаем сегодня о нашей солнечной системе. Накопились новые факты. Изменились методы исследований. Пополнился и список особенностей, сформулированных некогда П. Лапласом. Обо всем этом стоит рассказать хотя бы для того, чтобы иметь возможность составить собственный критерий оценки будущих гипотез.

*Семейное положение Солнца и состав семьи.* Сначала автор порывался написать коротко и ясно: «Солнце — многодетно!» Но потом остановился. Приняв на вооружение принцип объективного рассказа об эволюции взглядов на космогонию солнечной системы, правильно ли будет такое заявление? А если наше центральное светило и все планеты, спутники планет и астероиды, кометы и целые рои метеорных тел произошли одновременно из одного облака? Какие же они в таком случае «отцы и дети»?

И тогда пришлось остановиться на более осторожном определении: «Солнечное семейство многочисленно и разнообразно. Кроме самого Солнца — рядовой звезды, — система состоит из большого числа поименованных выше холодных тел, которые с завидным постоянством обращаются вокруг друг друга и центрального тела. Общее число их неизвестно, общая масса вычислена приблизительно и составляет десятые доли процента от массы солнечной. Кроме того, не исключено, что по сей день еще не все члены солнечного семейства зарегистрированы в «учетной книге» земной астрономии».

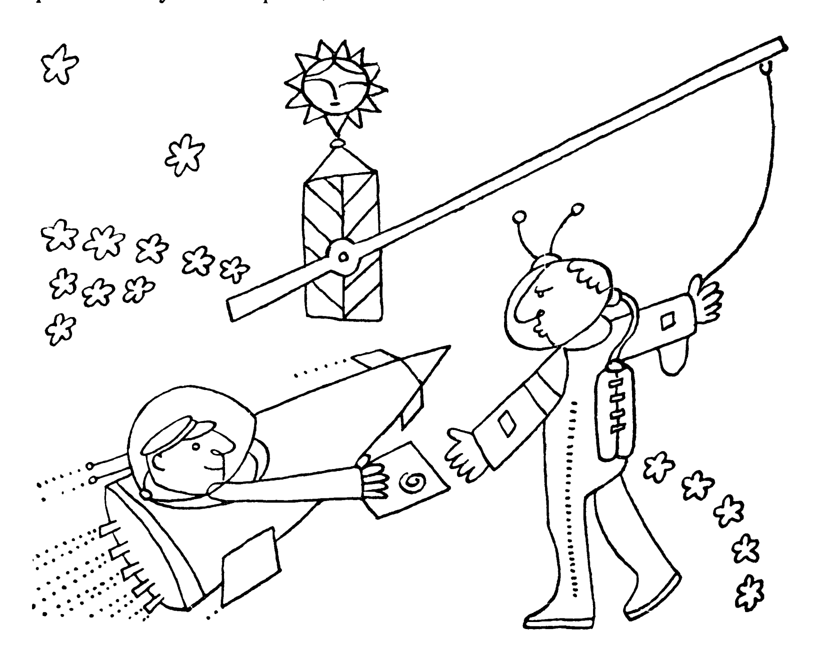
Таким образом, на вопрос о составе семьи (как и на вопрос о семейном положении) можно дать пока ответ весьма неопределенный.

*Где граница солнечной системы?* К сожалению, и на этот вопрос однозначный ответ дать трудно. Казалось бы, наиболее правильно таковой считать орбиту Плутона, самой далекой планеты. Среднее расстояние от Солнца до него примерно 40 астрономических единиц — а. е. (напомним, что 1 а. е. равна 149 миллионам 504 тысячам километров). Но титул «последней планеты» у Плутона вовсе не раз навсегда установленный. Не исключено, что за его орбитой на прочной цепи солнечного притяжения гуляет еще планета, а то и планеты. Обнаружить их пока невозможно. Кроме того, мы уже знаем, что в семейство Солнца входят кометы. А по расчетам, самые дальние точки их орбит — афелии — лежат на расстояниях около 150 тысяч астрономических единиц от нашего светила. Это существенно раздвигает границы солнечной системы, но тоже не дает ее предела. На какое же расстояние простирается влияние Солнца? Вопрос не такой простой. Ведь нужно учитывать еще и влияние всех 100 миллиардов звезд нашей Галактики.

Впрочем, тут есть пути к упрощению. Если соединить все звезды в одну тяготеющую точку в центре Галактики и рассматривать ее вместе с Солнцем и обращающимся вокруг Солнца телом малой массы — типа космического корабля, то получится вариант задачи трех тел. Он был решен американским математиком Георгом Хиллом. И то максимальное расстояние, на котором может двигаться тело малой массы, оставаясь еще спутником одной из притяги-

вающих масс, называется «сферой Хилла» для этой массы.

Так, космический корабль, выброшенный за пределы всех планетных орбит, будет обращаться вокруг Солнца до тех пор, пока его расстояние от светила не превысит 230 тысяч астрономических единиц. Это и есть радиус «сферы Хилла» для Солнца. За ее пределами большая доля гравитационного влияния на корабль будет принадлежать тяготеющей массе всех



звезд Галактики, собранных нами в ее центре в единую точку.

Радиус «сферы Хилла» очень интересная величина. Читатель, склонный к раздумьям, может с удовольствием поразмышлять над ней, имея в виду, что расстояние до ближайшей к Солнцу звезды — альфы Центавра — порядка 280 тысяч астрономических единиц. То есть, она находится чуть-чуть за пределами «сферы Хилла». А если бы не было этого «чуть-чуть»? Впрочем, такие предположения уже выходят за рамки нашей книжки.

Итак, примерная граница солнечной системы уста-

новлена. Что еще нужно знать, чтобы начать оценивать космогонические гипотезы?

*Особенности солнечной системы.* Перечисляя основные особенности солнечной системы, П. Лаплас писал: «Планеты движутся вокруг Солнца в одном направлении и примерно в одной плоскости».

Пожалуй, сегодня эта особенность не должна выглядеть столь категорично. Наклон плоскости орбиты Меркурия к экватору Солнца 7 градусов, а орбита Плутона отклоняется на 17 градусов 8 минут.

Затем П. Лаплас требовал объяснить, почему все спутники движутся вокруг своих планет в том же направлении, что и планеты вокруг Солнца.

С этим пунктом его списка особенностей дела обстоят хуже всего. С тех пор ассортимент спутников планет сильно пополнился. И вот, пожалуйста: четыре спутника Юпитера, не имеющие названий и обозначенные просто римскими цифрами VIII, IX, XI и XII, имеют обратное направление обращения.

Можно, конечно, успокаивать себя тем, что внешние спутники гигантской планеты — астероиды, захваченные ее полем притяжения. Но как быть тогда с Фебой, девятым спутником Сатурна, открытым В. Пикерингом в 1898 году? Феба тоже обращается в обратном направлении, но это наверняка не астероид. Скорее уж это кометное ядро.

Имеют обратное направление обращения и пять спутников Урана. Впрочем, Уран сам сплошная загадка для космогонии. Он один «лежит» на своей орбите, да еще и «головой вниз». Плоскость его экватора составляет угол около 98 градусов с плоскостью орбиты.

Непонятной до сих пор остается и причина, по которой обратное направление имеют обращающиеся вокруг Нептуна спутники Тритон и Нереида.

По мнению П. Лапласа, вращение всех планет и Солнца вокруг своих осей происходит в одну и ту же сторону, а плоскости их экваторов имеют слабый наклон к плоскости их орбит.

Увы, это замечание тоже нуждается в поправках, так как Уран и Венера вращаются в обратную сторону, а о плоскости экватора Урана мы уже говорили.

Эксцентриситеты известных во времена П. Лапласа орбит планет и спутников были очень малы. Но сегодня это утверждение не годится ни для Меркурия, ни для

Плутона. Их эксцентриситеты соответственно равны 0,20562 и 0,24864. Если же сравнивать между собой орбиты спутников, то и здесь особого единообразия не наблюдается. Орбиты внешних спутников Юпитера достаточно вытянуты. А уж об орбите Нереиды и говорить нечего — она напоминает собой путь настоящей кометы. Этот спутник приближается к Нептуну на 1 миллион 600 тысяч километров и удаляется от него на 9 миллионов 600 тысяч километров.

Лишь последняя особенность, сформулированная П. Лапласом, остается в неприкосновенности: «Орбиты комет имеют большие эксцентриситеты и любые углы наклона к плоскостям планетных орбит». Ее объяснению посвящены специальные гипотезы.

*Особенности особенностей.* Космогонисты давно ощущали потребность в создании перечня фундаментальных фактов, объяснение которых имело бы значение не только для происхождения одного солнечного семейства, но и для планетных систем любых других звезд. Задача эта сложности невероятной. Ведь пока известна-то всего одна планетная система. И кто может гарантировать, что ее особенности явятся законом для других систем? Тем не менее, в 1948 году голландский астроном Д. Тер Хаар опубликовал один из таких перечней, разделив все известные факты на четыре группы.

В первую входили вопросы, касающиеся закономерностей орбит. Например, почему направления обращений планет и Солнца одинаковы? Почему у орбит планет и их спутников такие малые эксцентриситеты? Наконец, почему плоскости планетных орбит так близко совпадают с экваториальной плоскостью Солнца?

Ко второй группе фактов Д. Тер Хаар отнес закономерности изменения расстояния планет от Солнца. Этим требованием он откликнулся на давние усилия многих астрономов подвести теоретическую базу под любопытный чисто эмпирический закон Тициуса — Боде. Это известное правило гласит, что расстояние от Солнца до любой планеты в астрономических единицах можно приближенно найти по формуле $R_n = 0{,}4 + 0{,}075 \cdot 2^n$, где $n$ — порядковый номер планеты.

Третья группа фактов включала в себя вопросы, касающиеся причин деления планет на две группы: планеты земного типа и планеты-гиганты. Почему небесные тела обеих групп так резко отличаются друг от друга?

И наконец, четвертая группа фактов касалась рокового распределения момента количества движения: у планет — 98 процентов, у Солнца — 2 процента.

Не все специалисты согласились со списком Д. Тер Хаара. Советские астрономы В. Фесенков и Б. Крат предложили расширить опубликованный перечень фактов, добавив в него новые пункты.

Однако никакой, даже самый подробный, список не в состоянии перечислить все загадочные особенности,



нуждающиеся в объяснении. Начавшаяся запуском искусственного спутника Земли в 1957 году эра исследования космоса с помощью спутников и межпланетных кораблей каждый день приносит новую информацию. Сегодня космогонические гипотезы должны суметь объяснить не только отличие физических особенностей планет земной группы от планет-гигантов, но и объяснить особенности в их движениях. Почему, например, Меркурий и Венера вращаются так медленно, тогда как Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун крутятся чрезвычайно быстро?

Не нашел пока удовлетворительного объяснения и факт обилия астероидов и метеорных тел в пределах

солнечной системы. Что это — остатки «строительного мусора» или осколки некогда существовавшей и разлетевшейся на осколки планеты Астероидии? Обе гипотезы имеют своих сторонников и противников.

Рядом стоит и загадка колец Сатурна. Как и в результате каких действий удалось природе создать это уникальное явление?

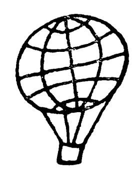
Впрочем, чтобы отыскать особенности и загадки, не нужно даже особенно напрягать зрение. Уж, кажется, Луна известна всем и каждому. Там побывали даже люди. Но вот что такое Луна — спутник или самостоятельное небесное тело, пока не известно никому. Ведь система Луна — Земля уникальна. Такого относительно крупного спутника нет больше ни у одного из «родственников» Земли. Как же представить себе тайну его происхождения?

Фактов множество. Из них можно, наверное, составить целую книгу, назвав ее в духе прошедшего века — «Загадки и нерешенные вопросы планетной системы» или, наоборот, в современном стиле — «Солнечная система вчера, сегодня, завтра».

Сейчас исследование солнечной системы вступило в новую фазу — фазу непосредственного изучения. Открыты радиационные пояса Земли и неожиданные подробности строения атмосфер Венеры и Марса. Радиоволны принесли на Землю новую информацию о Меркурии и Юпитере. Приборы, установленные на космическом аппарате, позволили уточнить массу Юпитера и подтвердили то, что эта планета излучает примерно в 2,5 раза больше тепловой энергии, чем получает ее от Солнца.

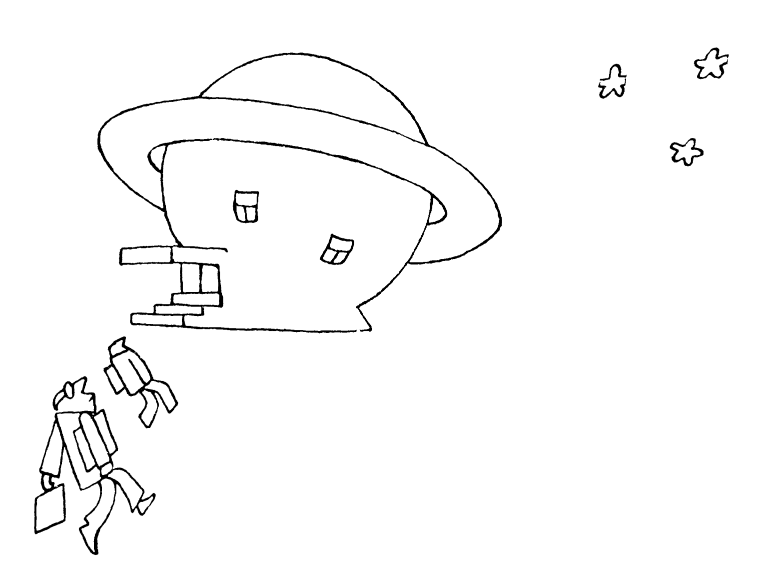
Все это должно быть учтено космогоническими гипотезами. Однако получается, что новая информация пока не столько способствует созданию новых гипотез, сколько разрушает старые. Одну за другой, одну за другой...

Вот, пожалуй, описанию именно этого процесса и будут посвящены следующие разделы планетной космогонии.



# СВЕЖИЕ ТЕЧЕНИЯ КОСМОГОНИИ





## ГИПОТЕЗЫ, ГИПОТЕЗЫ, ГИПОТЕЗЫ...

**Гипотеза К. Вейцзеккера.** 1943 год начался для гитлеровцев рейха весьма несчастливо: «Русские все еще обороняются», — говорили в штабах. Но господа генералы знали, что советские войска не только оборонялись. «Разгромленные», по убеждению фюрера, они окрепли и уже давно колотили «непобедимых» солдат вермахта. Впрочем, к астрономии это имело весьма небольшое отношение, но имело. Имело, потому что уже давно в ставке Гитлера мышиными шажками шмыгали астрологи и прочие «оккультных дел мастера». Уже давно в германской науке заправляли проходимцы в черных мундирах и без мундиров, но с золотыми партийными значками на отворотах. Но одна верность идеям — плохое топливо для локомотива прогресса. И потому гитлеровцы пытались приспособить к «делу» истинных ученых Германии. Приказы рейхсканцелярии запрещали заниматься проблемами, не дающими эффективного выхода в тече-

ние полугода. И уж конечно, такие проблемы не находили финансовой поддержки. Но что делать с теоретиками, которым для работы нужен только лист бумаги, карандаш да голова. Бумагу и карандаш у них не отнимешь. В условиях существующей цивилизации эти вещи найдутся всегда. Остается... голова? Но лишних голов было слишком много. Управляться со всеми не успевали.

Карлу Фридриху Вейцзеккеру было в 1943-м тридцать один год. Карл Фридрих не носил сапог с голенищами раструбом, за которые так удобно запихивать магазины к автомату. Карл Фридрих Вейцзеккер был астрономом и использовал свое свободное время на разработку новой космогонической гипотезы. Какой же путь он выбрал? Ведь и небулярная и катастрофическая гипотезы обе достаточно скомпрометировали себя в прошедшие годы!

К. Вейцзеккер не стал выдумывать ничего нового. Он вернулся к взглядам Канта — Лапласа, выступив в поддержку идеи конденсации тел из разреженного тумана. Опять небулярная гипотеза?

Да, небулярная! Но не «опять». Слишком свежи еще упреки в адрес гипотезы Джинса — Джеффриса, чтобы кто-нибудь мог позволить себе рискнуть встать на защиту катастрофической идеи. Другое дело детище Канта и Лапласа. С той поры утекло немало воды. Может быть, новые достижения физики помогут создать правдоподобный механизм для гипотезы конденсации?

И К. Вейцзеккер обращается за помощью к разработанной в самые последние годы теории турбулентности. Этим термином специалисты обозначают явление, которое наблюдается во многих жидкостях и газах. Заключается оно в том, что скорость, температура, давление и, главное, плотность испытывают случайные хаотические отклонения от средних значений — флуктуации. А это значит, что все указанные характеристики могут в однородном сначала облаке меняться с течением времени от точки к точке нерегулярно. Следовательно, в плоском диске первоначальной туманности могли возникнуть отдельные вихри.

В популярном обзоре, который был опубликован после войны в американском астрофизическом журнале за подписями Г. Гамова и Д. Хайнека, говорилось: «...эти вихревые движения аналогичны вращению шари-

ков в подшипнике. Если внешнее кольцо подшипника (вихрь) движется по часовой стрелке, а внутреннее против часовой стрелки, то вращение шариков будет происходить в «прямом» направлении; как это имеет место у планет».

Принцип действия «механизма» может быть легко усвоен читателем из схемы, принадлежащей вполне авторитетному источнику.

В местах встречи соседних вихрей, это видно на схеме, частицы сталкиваются, слипаются, и постепенно там формируются планеты.

«Планеты росли за счет мелких осколков, сконденсировавшихся тяжелых элементов. Спутники образовались подобным же образом в меньших туманностях, обволакивавших планеты; направление обращения спутников и вращения планет объясняется конвективными токами», — писал К. Вейцзеккер.

Теория турбулентности, по его мнению, должна была объяснять не только отмеченные П. Лапласом особенности солнечной системы, но и распределение планет в пространстве, расположение их орбит и распределение момента количества движения.

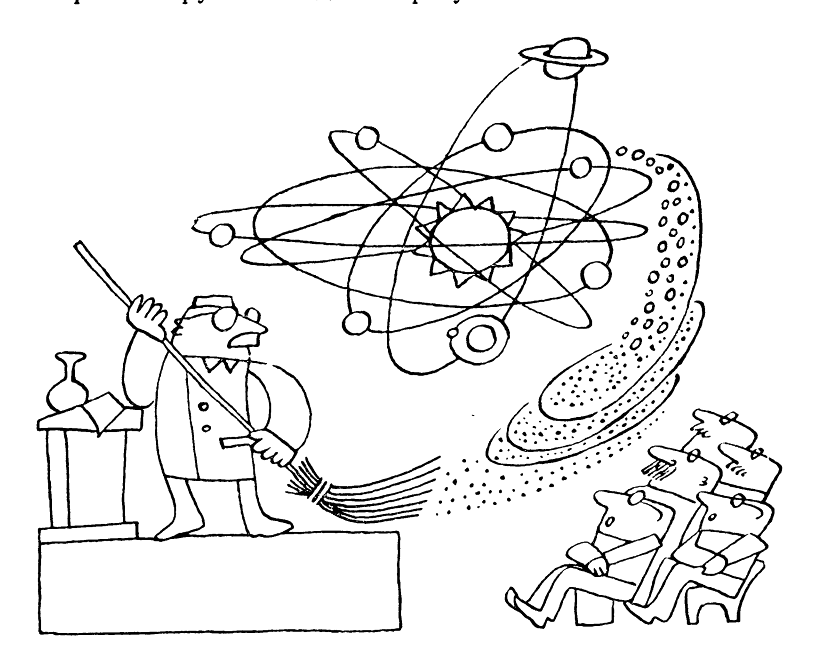
Теория немецкого астронома была хорошо встречена специалистами. Впрочем, в 1945 году во всем мире господствовала несколько восторженная атмосфера послевоенного оптимизма. Правда, претензий и к ней с первых же дней было высказано немало. Но главным достоинством новой работы, по мнению тех же Г. Гамова и Д. Хайнека, являлось то, что «Вейцзеккер внес свежую струю в стоячее болото теорий происхождения планет».

**Гипотеза О. Ю. Шмидта.** В 1944 году в «Докладах Академии наук СССР» были опубликованы две первые статьи Отто Юльевича Шмидта, посвященные космогонической гипотезе солнечной системы. И до конца жизни академик О. Шмидт занимался ее разработкой, создав большой творческий коллектив из молодых талантливых астрономов и математиков.

Интерес к его работе был огромен. Когда 31 января 1947 года он решил выступить с докладом на пленарном заседании II Всероссийского географического съезда, академия была поистине атакована людьми. Не только конференц-зал, но и все прилегавшие к нему помещения были заполнены до отказа. Затаив дыхание

люди слушали глуховатый голос О. Шмидта, докладывавшего «Новую теорию происхождения Земли и планет». В чем же заключалась основная идея его гипотезы?

Некогда, возможно несколько миллиардов лет назад, одинокая звезда — Солнце — встретила на своем пути во вселенной большую газопылевую туманность. Таких скоплений довольно много в космосе, и встреча с ними не носит столь уникального характера, как, например, встреча с другой звездой. В результате такого свидания



значительная часть туманности последовала за Солнцем. Избыток его скорости относительно туманности придал диффузной материи момент количества движения, не связанный с моментом вращения светила. По законам природы, облако начало вращаться, сплющиваться, сжиматься. Отдельные частицы стали сливаться друг с другом, образуя более крупные тела. И вот уже не газопылевое облако, а густой поток метеорных тел облетает Солнце. Метеоры сталкиваются, слипаются. В областях, близких к Солнцу, обращаются плотные комья будущих планет. Дальше от живительного тепла

в состав этих комьев входят более легкие вещества, в том числе замороженные газы. Так образовалось солнечное семейство.

О. Шмидт не был астрономом-профессионалом. Да и сама идея встречи и последующего захвата газопылевого облака Солнцем во время его движения вокруг центра Галактики тоже была не нова. Об этом еще в конце прошлого и в начале нашего столетия говорили и писали многие. О. Шмидт внимательно изучил гипотезы предшественников, взяв от них рациональные зерна.

У И. Канта он взял идею о пылевом облаке, о пылевых частицах, как исходном материале для формирования планет, идею «холодного» происхождения Земли.

У П. Лапласа — мысли о роли конденсации газа в формировании планет, аналогию с туманностями, наблюдаемыми в нашей Галактике, мысль о сжатии, уплотнении вращающейся туманности.

У Ф. Мультона и Т. Чемберлина он взял идею о планетезималях как переходной форме к образованию планет.

У Д. Джинса — идею о том, что момент количества движения планет может быть привнесен извне в результате встречи Солнца с другим небесным телом.

«Но, несмотря на это, — пишет В. Бронштэн в книге «Беседы о космосе и гипотезах», — гипотеза Шмидта не была похожа ни на одну из ранее предложенных гипотез и не являлась их компиляцией. Эта гипотеза была совершенно самостоятельной».

Новая гипотеза получилась отменной. Она легко расправлялась с целым рядом трудностей, встречавшихся у других авторов, неплохо объясняла главные особенности солнечной системы. Но были у нее и слабые стороны. Одна из них — само предположение о захвате Солнцем части встретившегося газопылевого облака.

Здесь нам придется снова вернуться к законам, диктуемым небесной механикой. А законы эти говорят, что одинокая звезда одинокую туманность захватить в принципе не может. Это было доказано при решении «задачи двух тел».

Представим себе: в пустом бесконечном пространстве имеются два тела: одним из них пусть будет неподвижное Солнце — тело А, другим — пролетающая мимо туманность — тело В. Под действием сил притяжения тела А траектория тела В искривляется и стано-

вится гиперболой. Но ветви гиперболы уходят в бесконечность. Чтобы осуществился захват туманности (тела В), ее надо сначала затормозить, чтобы перевести с гиперболической орбиты на эллиптическую. Однако одно Солнце сделать это не в состоянии. Даже, если бы у туманности не было первоначально никакой скорости и сближаться оба тела стали бы под действием лишь собственных сил притяжения, то и тогда захват произойти бы не смог. Туманность, пришедшая из бесконечности, обогнула бы Солнце по параболической траектории и снова ушла бы в бесконечность. Нет, для захвата нужны другие условия. Что, если рассмотреть задачу не двух, а трех тел?

Впрочем, такая задача уже была решена более десяти лет назад французским математиком Жаном Шази. Согласно его решению и в случае трех тел захват одного из них также невозможен. О. Шмидт не поверил Ж. Шази. Сформулировав начальные условия, он засел за расчеты. А когда первая прикидка показала, что, может быть, все-таки прав он, а не Ж. Шази, передал задачу П. Парийскому; тому самому знаменитому математику, который доконал своим численным расчетом гипотезу Д. Джинса. Не подвел П. Парийский и в этом случае. Уже в первом своем докладе О. Шмидт уверенно говорил о возможности захвата в системе трех тел.

Однако этот вариант хоть и имел вероятность большую, нежели джинсовская встреча звезды со звездой, был все же весьма искусствен. Потому-то гипотеза гравитационного захвата и подверглась столь суровой критике на первом совещании по вопросам космогонии.

Мысли О. Шмидта были полностью заняты этой проблемой. В 1951 году ему исполнилось 60 лет. Друзья преподнесли юбиляру шутливые вирши:

На бреге бездны мировой
Сидел он с длинной бородой
И вдаль глядел...

Так начинались эти стихи. Потом шло рифмованное описание механизма гипотезы. И заканчивалась поэма сетованием на нерешенную проблему захвата.

И перед новою теорьей
Главой склонился б и Лаплас,

Когда бы о захвата роли
Не продолжался спор у нас.

А спор о механизме гравитационного захвата действительно все продолжался. И хотя ряд астрономов предлагали свои оригинальные решения этой проблемы, большинство специалистов склонялось в пользу совместного образования Солнца и протопланетного облака. В этой части проблемы постепенно все возвращалось «на круги своя», возвращалось в лоно классической гипотезы.

Единая космогоническая проблема происхождения солнечной системы разбивалась на части. Отчаявшись, специалисты оставили в покое вопросы о том, как и откуда Солнце приобрело себе туманность, и принялись за обсуждение этапов эволюции уже готового облака возле готового Солнца.

Конечно, полной картины при этом не получить, но, может быть, удастся разработать теорию «механизма» образования планет из пыли и газа.

На решение задач, связанных с таким частичным подходом к проблеме происхождения солнечной системы, много труда положила группа сотрудников Института физики Земли АН СССР под руководством Б. Левина. Очень интересные и плодотворные исследования провели ленинградцы Л. Гуревич и А. Лебединский.

В процессе работы над гипотезой О. Шмидт показал образец современного стиля в науке. Так, начав в одиночку, он уже через некоторое время работал с коллективом представителей самых различных специальностей. Это дает нам право считать его теорию первым коллегиальным трудом в области космогонии.

В книгах можно прочесть о самом разном отношении к космогонической теории О. Шмидта. Причем, как правило, и «pro» и «contra» бывают одинаково убедительны. Нельзя не согласиться с замечанием о том, что рассматривать процесс возникновения планетной системы при готовом Солнце, пренебрегая эволюцией центрального светила, вряд ли правомерно. Скорее следовало бы считать, что проблема планетной космогонии самым тесным образом связана с вопросами происхождения не только Солнца, но и звезд и звездных систем.

Не получилось у гипотезы захвата и удовлетвори-

тельного объяснения совпадения направления вращения Солнца и планет, а также малых отклонений плоскостей орбит больших планет от экваториальной плоскости Солнца.

Не сумела «гипотеза Шмидта» удовлетворительно объяснить и распределение планет по расстояниям. Не дала она объяснения уникальности спутника Земли — Луны.

У многих вызывал сомнение даже главный тезис теории О. Шмидта — образование Земли из холодных частиц. Сторонники разогрева нашей планеты на ранней стадии ее образования утверждали, что в эволюции Земли большую роль должны были играть физико-химические, а не только гравитационные процессы. Но представить себе их в холодном коме первоначально слипшегося вещества трудно.

Вызывало недовольство специалистов и то, что «гипотеза Шмидта» «не могла предсказать ни одной ранее известной особенности солнечной системы, что косвенно говорит о неубедительности ее основных положений».

Так эти претензии были сформулированы астрономом С. Всехсвятским.

Все эти недостатки не были тайной для тех, кто многие годы занимался разработкой шмидтовской гипотезы. Почему же они не остановились, почему не бросили на полпути всю эту массу невероятно утомительных, и по-видимому, бесплодных расчетов? Может быть, не так уж они были бесплодны? Помните, мы уже говорили, что в науке ничто не пропадает даром, если, конечно, не иметь в виду откровенно антинаучных бредней.

Теоретические задачи теории захвата, которыми прилежно занимались специалисты по небесной механике, оказались вдруг неоценимым вкладом в развивающуюся космонавтику. Вы спросите: как? А вот как.

Представьте себе, что нам надо запустить автоматическую межпланетную станцию (АМС) на Марс или Венеру. Чтобы освободиться от материнских объятий земного притяжения, ракета-носитель должна сообщить космическому летательному аппарату (КЛА) третью космическую, или «гиперболическую» скорость удаления от Земли. Но чем большая требуется ско-

рость, тем мощнее должны быть двигатели ракеты. А это проблема номер один! Это стоит денежек! А нельзя ли как-нибудь обмануть природу и запустить, например, космический корабль так, чтобы, направляясь, скажем, к Марсу с явно недостаточной скоростью, он прошел бы мимо Луны, которая своим притяжением добавила бы ему скорости, направив его как раз в нужном направлении? Но при чем здесь космогония? — спросите вы.

Так вот, дело в том, что проблема «гравитационного разгона» космического аппарата — ближайшая теоретическая родственница тех самых задач, которые решает теория захвата. И можете поверить, что точность попаданий советских АМС на Венеру и на Марс немало обязана теоретическим работам по космогонии. Точно так же, как и полеты американских станций к Юпитеру с гравитационным маневром у Марса и к Меркурию с добавлением гравитационного импульса Венерой.

**Гипотеза Г. Гамова и гипотеза Я. Оорта.** К. Вейцзеккер в своей работе широко использовал достижения теоретической физики, и все-таки ряд вопросов ему пришлось обойти молчанием. Сначала казалось, что это пустяки, частности. Главное — это представление обо всем «механизме» образования планетной системы из облака диффузной материи. Но именно на эти частности обратил свое внимание американский физик Г. Гамов. В послевоенные годы он по праву занимал место в десятке лучших ученых Америки. Он консультировал манхэттенский проект, занимался проблемой происхождения химических элементов, много писал и выступал, удовлетворяя вдруг возникший интерес к науке среди военных, журналистов и вообще непросвещенных масс. Широкая эрудиция, развитое воображение и бойкое перо помогли ему перейти от отдельных уточнений вейцзеккеровской гипотезы к картине детального образования планет.

Читатель, наверное, помнит упоминания немецкого космогониста о том, что первоначальная туманность, как и Солнце, должна была содержать очень немного тяжелых элементов. Г. Гамов уточняет это положение и развивает его. В состав туманности, по его мнению, входил в основном водород, затем гелий и пыль. Подобная смесь, даже «разведенная очень жидко»,

должна обладать известной вязкостью. Значит, при вращении по принципу сепаратора, легкие газы будут выталкиваться из центральных областей и скоро вообще уйдут от Солнца на периферию. Там они станут конденсироваться, налипать на твердые частицы и образовывать сгущения — зародыши будущих планет-гигантов. Г. Гамов даже рассчитал скорость описанной эволюции. Для образования сгущений диаметром в один сантиметр из «жидкого киселя» первичной туманности понадобится всего несколько лет. А через сто миллионов лет поперечник зародившегося сгущения может достигнуть диаметра Юпитера.

В центральной околосолнечной области картина другая. Там частицы, движущиеся по кеплеровским орбитам, будут часто сталкиваться. При этом одни будут слипаться, другие же обращаться в пар... Ясно, что в центральной области сгущения будут более плотными, без смерзшихся газов.

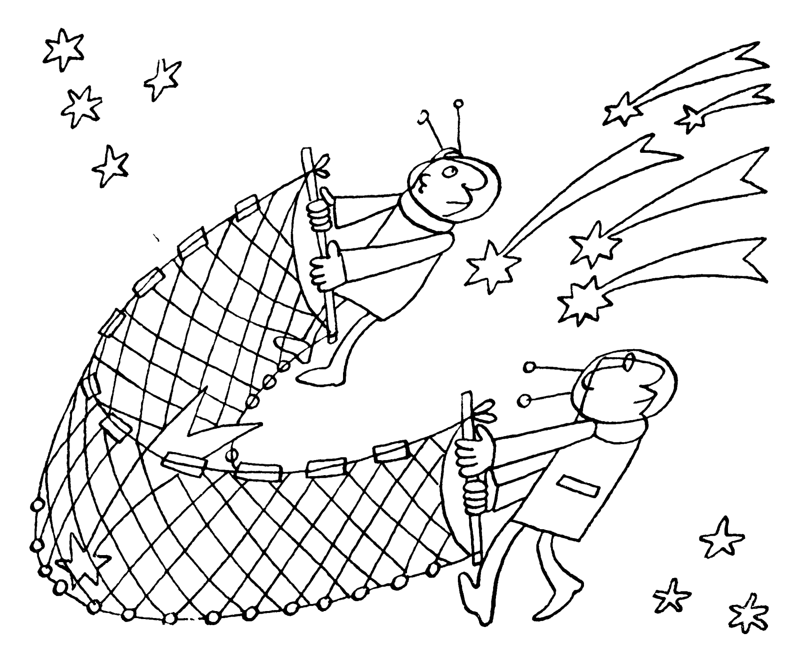
Описанная «сортировка» первоначального вещества определит и различия в химическом составе планет земного типа и планет-гигантов, и характер распределения их масс по степени удаленности от центрального светила. Так ловко расправляется Г. Гамов с особенностями, бывшими много лет «камнем преткновения» на пути предшествующих гипотез.

Картина, нарисованная Г. Гамовым, была красочной, полной внутреннего драматизма и очень убедительной. Но, увы, и его космогонические рецепты не сумели удовлетворить всех запросов специалистов. Нет-нет да и возникала на астрономическом горизонте какая-нибудь темная тучка. «Вновь наблюденная» особенность солнечной системы постоянно не влезала в предложенную теоретическую схему. Так еще в гипотезе К. Вейцзеккера не получалось объяснения происхождения комет. Их разнообразие никак не поддавалось единому «механизму» образования. Может быть, это вообще чужаки, случайно залетевшие к нам из «горных сфер»?

Небесные скитальцы, которых так боялись в прошлые века и которые в наше время получили презрительное название «видимое ничто», самым удивительным образом распадались на коротко- и долгопериодические. Первые никакой загадки собой не представляли, поскольку их афелии группировались возле планет-

гигантов. И их происхождение уместно было связывать с этими планетами. А вот вторая группа...

Директор Лейденской обсерватории профессор Я. Оорт (кстати, с 1966 года иностранный член АН СССР) собрал огромное количество информации по долгопериодическим кометам. Он выписал значения больших полуосей их орбит и обнаружил, что большинство имеют величину примерно в 150 тысяч астрономических единиц. Может быть, все-таки кометы-«чужа-



ки» поставляются межзвездным пространством? Нет, Я. Оорт был убежден, что они — члены солнечного семейства, путешествующие вместе с нашим светилом по вселенной. А что такое тогда 150 тысяч астрономических единиц? И Я. Оорт возрождает старую идею, высказанную еще итальянским астрономом XIX века Д. Скиапарелли об облаке комет, окружающем солнечную систему. Он облекает ее в изящную математическую форму, утверждая, что 150 тысяч астрономических единиц не что иное, как критическое расстояние. Вспомните сферу Хилла. Если большая полуось

кометной орбиты выйдет за этот предел, главной возмущающей силой станет уже не Солнце, а звезды. Их влияния могут быть настолько велики, что вполне способны увести дальних странников из пределов солнечной системы. Звезды же влияют и на то, что постепенно самые дальние кометы, изменяя свои орбиты, переходят в ближнюю область и становятся видны с Земли.

Гипотеза Оорта объясняла многие особенности кометного семейства. Причем результаты его теоретических выводов совпадали с расчетами наблюдателей.

Источником образования комет Я. Оорт считал возможный взрыв планетоподобного тела, орбита которого пролегала некогда между Марсом и Юпитером. Одни осколки получили при этом примерно круговые орбиты, потеряли под действием солнечных лучей имевшийся первоначально газ и стали обычными малыми планетами и метеоритами. Другие, получившие эллиптические орбиты, испытали на себе возмущения многих планет. Их должно остаться достаточно много, даже если предположить, что большая часть из них потерялась в космосе, вполне достаточно, чтобы образовать внешнее облако комет. Эти осколки могли удержать при себе и лед, и аммиак, и метан, потому что на таких больших расстояниях (порядка 100 тысяч а. е.) свет Солнца во много раз слабее, чем на Земле. И его лучи не в состоянии произвести необратимых изменений в составе кометы.

Пожалуй, гипотеза Оорта впервые более или менее свела концы с концами в вопросе происхождения комет и нашла им место в общей космогонии солнечной системы.

**Гипотеза Дж. Койпера.** Гипотеза К. Вейцзеккера оказала большое влияние на многих зарубежных космогонистов. Американский астроном голландец по происхождению Дж. Койпер начиная с 1949 года также занимался разработкой гипотезы, в которой, как и у К. Вейцзеккера, учитывались только силы гравитации. Дж. Койпер полагал, что Солнце образовалось в результате сжатия плотного облака межзвездного газа. При этом вокруг новообразовавшейся звезды сохранилась туманность в форме диска с радиусом в несколько десятков астрономических единиц. Из этого-то строительного материала большие вихри вейцзеккеровского типа и образовали большие и рыхлые протопланеты.

Правда, у К. Вейцзеккера были еще и малые промежуточные вихри, которые помогали объяснять прямое вращение планет.

У Дж. Койпера промежуточных вихрей не было, а большие — закручивали протопланеты в обратном направлении. Чтобы оправдать эту неувязку, он вынужден был придумывать дополнительные предположения.



Дж. Койпер называл протопланеты большими, ибо считал, что до 99 процентов своей массы они должны были потерять под воздействием корпускулярного излучения Солнца прежде, чем сформировались окончательно. Жесткий «солнечный ветер» просто «сдул» эту массу с рыхлых протопланет. Потому-то, дескать, в близких к Солнцу планетах земного типа так остро не хватает водорода по сравнению с более удаленными планетами-гигантами.

Земля, по мнению Дж. Койпера, скорее всего никогда не была в расплавленном состоянии. Ее разогрев мог происходить за счет распада радиоактивных элементов. Впрочем, на заре своего существования наша планета могла быть эластично-мягкой.

Кольцо Сатурна он считает остатком туманного диска, который окружал эту планету при ее формировании.

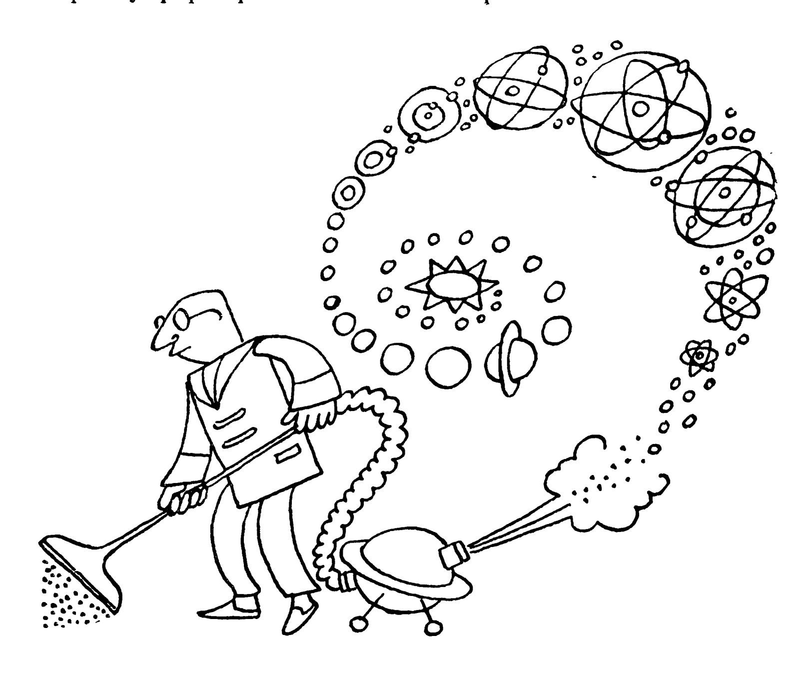
Происхождение спутников, по Койперу, ничем не отличается от происхождения планет. А Луна, возраст которой, по его мнению, не менее миллиарда лет, является самостоятельным холодным небесным телом. Впрочем, в последние годы эта точка зрения претерпела некоторые изменения, и сейчас Дж. Койпер отдает предпочтение гипотезе о важной роли вулканизма как в истории Луны, так и в развитии других небесных тел.

**Гипотеза Э. Эпика.** Примерно в те же годы, когда Дж. Койпер разрабатывал свою теорию, в Эстонии на Тартуской обсерватории работал астроном Эрнст Эпик. А в 1960 году, в Нью-Йорке вышла его работа, в которой он так же пытается нарисовать космогоническую картину.

Его не интересует вопрос о происхождении первичной туманности. За исходные данные он берет существование Солнца и готовой туманности около него. Так сказать, дано! Из-за своего вращения туманность получилась неоднородной. В плоскости эклиптики образовались более плотные полосы пыли, которые полностью поглощали солнечный свет. Испарившиеся газы, попадая сюда, в область почти абсолютного нуля, конденсировались, образовывали снежинки и намерзали на частицы пыли, создавая планетезимали. Планетезимали объединялись в протопланеты. И чем больше становилась их масса, тем с большей скоростью врезались в них планетезимали, выделяя при этом все больше и больше тепла. Будущая планета — Э. Эпик рассматривает в качестве примера Землю — разогревалась: лед таял, газы испарялись и уходили в космос, а тяжелые каменные и металлические частицы оставались, создавая тело планеты.

Сейчас много говорят об изменении климата Земли. Причем одной из причин специалисты считают парниковый эффект. Это значит, что из-за сильного загрязнения атмосферы замедляется теплоотдача Земли и общая температура повышается. Немалую роль, говорит Э. Эпик, играл парниковый эффект и в начале Земли, когда наша планета была окружена плотной пылью. Пыль служила преградой излучению тепла Земли. Наша планета должна была разогрется до расплавленного состояния. В жидкой Земле плотные и легкие вещества разделились: металлы опустились

к ядру, а каменистая лава, нефть и вода поднялись к поверхности. Постепенно пространство вокруг Земли очистилось от пыли, и планета стала остывать, несмотря на тепло солнечных лучей. Так представил себе картину формирования Земли астроном Э. Эпик.



Он не соглашался с выводами Д. Дарвина по поводу Луны, полагая, что спутник возник возле Земли как самостоятельное небесное тело. Лунные кратеры Эпик считал следствием только падения метеоритов, отрицая возможность вулканической деятельности на нашем спутнике. Тем печальнее прозвучало для него сообщение советского астронома Н. Козырева, наблюдавшего извержение в одном из лунных кратеров. Можно было, конечно, подвергнуть это сообщение сомнению. Но вслед за Н. Козыревым и американские астрономы заметили следы вулканической деятельности на Луне. И наконец, первые астронавты, облетавшие Луну увидели красный отблеск в безжизненных горах.

Не так-то легко, даже имея достаточно данных сконструировать гипотезу, которая удовлетвори-

тельно ответит на все вопросы. Похоже было, что классический путь с привлечением одних только гравитационных сил для объяснения образования планетной системы изживал себя окончательно.

**Гипотеза Х. Альвена и Ф. Хойла.** Еще в 1912 году К. Биркеланд попытался ввести в космогонию солнечной системы электрические и магнитные силы. Получилось на первый раз не очень убедительно. Конечно, если принять во внимание, что первоначальная туманность должна была состоять из смеси заряженных частиц, то Солнце благодаря мощному корпускулярному излучению и магнитному моменту вполне было в состоянии сыграть роль «сепаратора» и постепенно вокруг него могли образоваться слои или кольца, состоящие из разных ионов. Согласившись с механизмом, предложенным К. Биркеландом, мы вправе ждать, что все планеты по составу будут резко отличаться друг от друга. Но почему тогда метеориты, выпадающие на Землю, имеют с ней такой сходный состав?

После окончания второй мировой войны шведский астрофизик Ханнес Альвен предложил гипотезу образования планет главным образом в результате действия электромагнитных сил.

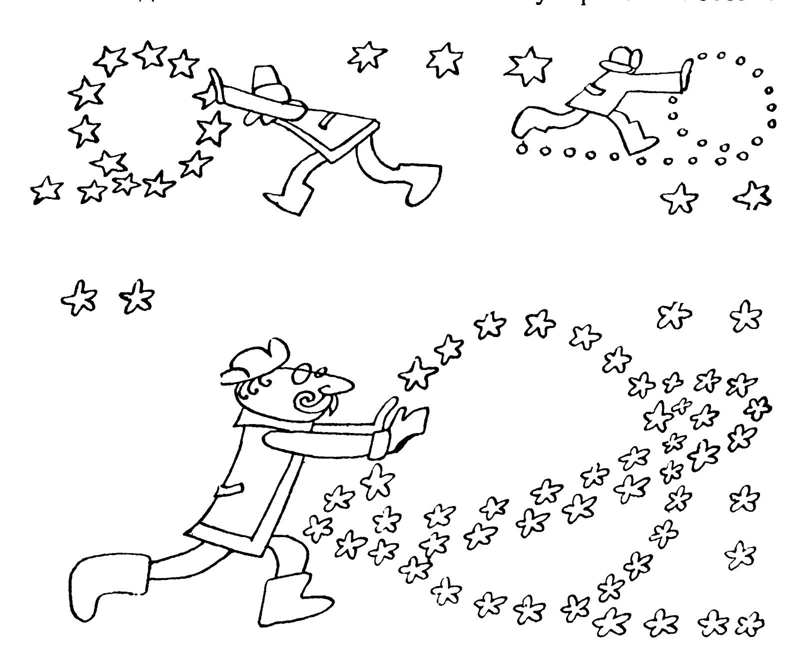
Х. Альвен исходит из предположения, что некогда Солнце обладало очень сильным магнитным полем. Туманность, окружавшая светило, состояла из нейтральных атомов. Под действием излучения и столкновений атомы ионизировались. Ионы попадали в ловушки из магнитных силовых линий и увлекались вслед за вращающимся светилом. Постепенно Солнце теряло свой вращательный момент, передавая его газовому облаку.

Трудность предложенной гипотезы заключалась в том, что атомы наиболее легких элементов должны были ионизироваться ближе к Солнцу, атомы тяжелых элементов — дальше. Значит, и ближайшие к Солнцу планеты должны были бы состоять из наилегчайших элементов, то есть из водорода и гелия, а более отдаленные из железа и никеля. Увы, наблюдения говорят об обратном.

И все-таки электромагнитные силы должны были играть важную роль в формировании солнечной системы. Это стало ясно всем ученым. И тогда английский астроном Ф. Хойл разрабатывает новый вариант гипотезы. Сначала в ней все шло, как предполагалось

уже не один раз и раньше. В недрах туманности зародилось Солнце. Оно быстро вращалось, и туманность становилась все более и более плоской, превращаясь в диск. Постепенно диск начинал тоже разгоняться, а Солнце тормозилось. Момент количества движения переходил к диску. Затем в нем образовались планеты.

Стоп! Стоп! — скажет читатель. Так описывать суть новой гипотезы нельзя. Здесь же нет ничего нового и неожиданного. Обычный скелет небулярной гипотезы.



Правильно! Новое — в частностях. Прежде всего в том, как происходила передача момента. Вот тут-то и вступают в игру, по мнению Ф. Хойла, магнитные силы. Если предположить, что первоначальная туманность уже обладает магнитным полем, то вполне может произойти перераспределение углового момента. Ф. Хойл доказал это. А как быть с различием плотностей планет, с которым не справилась гипотеза Х. Альвена? Ф. Хойл допускает, что момент передается от Солнца не всем частицам туманности, а только газообразным. Это и понятно, они легче превращаются в

ионы. Он так и пишет: «Приобретая момент количества движения, планетное вещество удалялось от солнечного сгущения. Нелетучие вещества конденсировались и отставали от движущегося наружу газа. Именно с этим процессом связан тот факт, что планеты земной группы: 1) имеют малые массы; 2) почти полностью состоят из нелетучих веществ; 3) находятся во внутренней части системы».

Ф. Хойл считает, что подобный механизм создает условия вообще для существования возле Солнца некой каменно-железной зоны, которая в широком промежутке между орбитами Марса и Юпитера переходит в область, в которой преобладают вода и аммиак. Здесь, на уровне Юпитера и Сатурна, снежинки и замерзший аммиак объединяются, собирая вокруг себя большое количество несконцентрировавшегося газа.

Юпитер и Сатурн хорошо подходили под эту схему. Плотность Сатурна, отстоящего дальше от Солнца, как и полагалось по гипотезе, меньше плотности Юпитера. Но как быть с еще более далекими планетами — Ураном и Нептуном, плотности которых снова растут? И Ф. Хойл предлагает новый механизм: дескать, здесь, на этом уровне, в условии холода космического пространства, вода и аммиак вымораживаются, а водород уходит в межзвездные области. Здесь могут концентрироваться лишь более тяжелые углеводороды.

Вторая часть гипотезы Ф. Хойла, объясняющая механизм образования планет, гораздо менее убедительна, чем та, которая касается образования протопланетной туманности. Здесь ее создателю приходится идти на ряд искусственных допущений, снижающих достоверность всей картины.

Не смог Ф. Хойл удовлетворительно объяснить и спутниковую проблему. По его мнению, все они образовались в результате чисто гидродинамического процесса, как это уже описывалось и раньше, без какого-либо участия электромагнитных сил. Отсюда и недостатки. Пояснить наблюдаемые различия в спутниковом хозяйстве, например, почему у Меркурия и Венеры спутников нет, а у Земли — уникальная Луна и т. д., гипотеза Хойла не могла. Не нашла удовлетворительного объяснения и причина различного наклона осей вращения планет, особенно аномального положения лежебоки Урана. В общем, даже частичное при-

влечение на помощь электромагнитных сил пока еще тоже надежд не оправдало.

**Гипотеза С. Всехсвятского.** Существует в планетной космогонии еще одна любопытная гипотеза. Автором ее является известный советский астроном С. Всехсвятский. Он опирается на предположение (увы, только предположение), что главную роль в эволюции солнечной системы на протяжении всего времени ее существования играли и играют взрывные вулканические или эруптивные процессы.

Начало этой так называемой «эруптивной гипотезы» С. Всехсвятского очень интересное. Мы уже говорили с вами, что одной из жгучих проблем в космогонии является вопрос о происхождении астероидов, комет, всяческих скитающихся в космосе обломков и космической пыли. Еще П. Лаплас, говоря о кометах, предполагал, что они образуются в межзвездном пространстве и оттуда вторгаются в пределы солнечной системы.

Позже эта проблема обсуждалась многими выдающимися математиками и астрономами. Идея захвата небесных скитальцев Солнцем была подвергнута сомнению. И все имеющиеся в наличии кометы объявили исконной собственностью нашего светила. Но тогда снова возникал вопрос: откуда они появились?

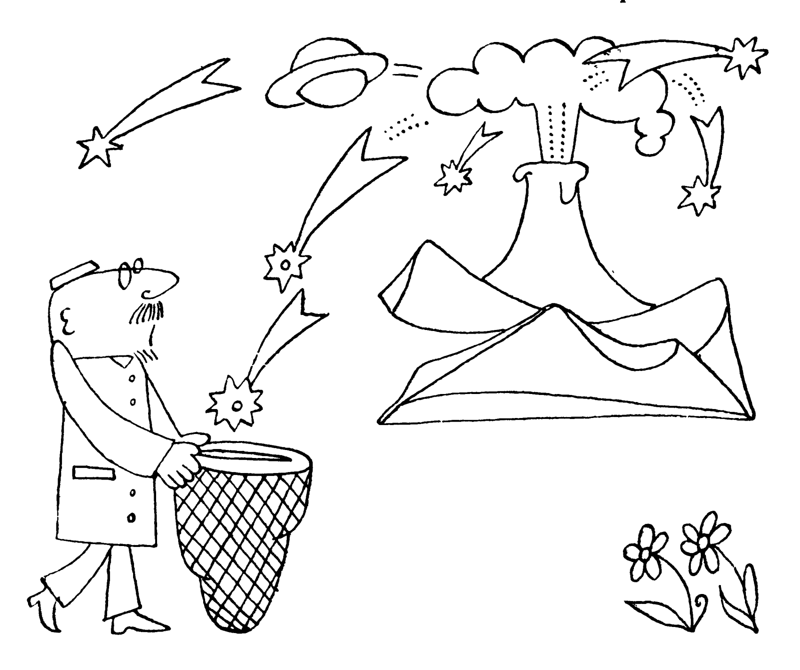
Неудача с межзвездным пространством в качестве источника, поставляющего «видимое ничто», привела к тому, что астроном Г. Ольберс еще в прошлом веке высказал идею о существовании некогда «специальной» планеты, которая разорвалась, дав начало всем скитающимся телам солнечной системы. Потом Дж. Скиапарелли пытался доказать, что за пределами орбиты последней из известных планет существует огромное облако комет, окружающее всю солнечную систему. Эта идея получила развитие, как мы уже видели, и в трудах Я. Оорта.

В середине нашего столетия Р. Литтльтон предположил, что кометы конденсируются из космической пыли, которая попадает в некие «области гравитационной фокусировки» в поле притяжения Солнца. Однако законы механики требовали, чтобы мелкие частицы в гравитационном поле рассеивались, а не сгущались.

В общем, многие специалисты думали над проблемой, рассчитывали орбиты и снова думали... Некоторые

орбиты явно указывали на то, что их кометы вынырнули из недр Солнца. Это наводило на мысль, что взрывы и вспышки нашего светила периодически выбрасывают в пространство вещество, идущее на изготовление комет и метеорных масс. Кроме того, расчеты показали, что часть комет можно объединить в семейства, имеющие несомненную связь с планетами-гигантами.

Все это заставило С. Всехсвятского обратиться к



идее, высказанной некогда еще П. Лагранжем, что вещество комет выброшено в результате вулканической деятельности планет.

Вы скажете, все это хорошо, но как приспособить вулканическую гипотезу образования комет к происхождению всей солнечной системы?

И вот гипотеза! Предположим (снова «предположим»; поистине волшебное и самое необходимое слово в космогонии; без него эти специалисты давно лишились бы хлеба насущного), что наше Солнце некогда было двойной звездой (идея не нова, если вспомнить).

И еще предположим, что в один прекрасный момент второй компонент Солнца взорвался! Почему взорвался — об этом гипотеза не говорит. Не стоит и гадать. Звезды «любят взрываться, такова уж природа их», скажем мы в духе Аристотеля.

Так вот, после взрыва рассеявшееся вещество второй звезды стало собираться в сгустки, из которых потом получились протопланеты. А поскольку массы у вновь образованных небесных тел было уже недостаточно, чтобы сначала зажечь, а потом поддерживать термоядерные и прочие реакции в недрах, то протопланеты стали быстро-быстро остывать, терять газ и легкие элементы и покрываться корочкой. Правда, упрямые геологи настаивают на том, что земные породы никогда не были расплавленными, но мы же произнесли волшебное слово «предположим». Время от времени газы прорывали непрочную планетную корку и выстреливались в пространство, унося с собой часть вещества. При этих извержениях одни планеты теряли его больше, другие меньше. Так из примерно одинаковых первоначально протопланет образовались различные по своему физическому и химическому составу планеты.

Идея С. Всехсвятского о роли взрывных процессов в качестве механизма образования первичного допланетного облака и малых тел солнечной системы интересна. Но дальнейшее развитие планет у него в основном повторяет уже апробированные пути эволюции и потому несет на себе плюс к собственным недостаткам еще и груз недостатков прошлых гипотез.

На этом, пожалуй, можно бы ограничиться перечислением гипотез планетной космогонии. И не потому, что «рог творческого изобилия» иссяк. Нет, гипотез еще много. Но часть из них отличается от уже известных либо незначительными деталями, либо требует для понимания этих различий привлечения математического аппарата.

## ВРЕМЯ СТРОИТЬ И ВРЕМЯ РАЗРУШАТЬ...

Много гипотез построено классической космогонией. Объединяет их в общем единый признак — дедуктивность.

Древние называли дедукцией выведение следствий из заданных заранее посылок. Конечно, выведение в

полном соответствии с законами логики. Поэтому с помощью дедукции, двигаясь от общего к частному, хорошо проверять гипотезы, рассматривать содержание и сущность наблюдаемых явлений. Однако без помощи логического способа рассуждений от частного к общему, который именуется индукцией, чистая дедукция никогда не обеспечивает всестороннего познания объективной действительности. Это отмечали еще классики марксизма-ленинизма. В «Диалектике природы» Ф. Энгельс писал: «Индукция и дедукция связаны между собою столь же необходимым образом, как синтез и анализ». Ибо в конечном счете «любой дедуктивный вывод зависит от наблюдения, эксперимента и индукции».

Если мы оглянемся на путь, пройденный планетной космогонией, он вкратце был намечен в предыдущих разделах нашей книги, то легко заметим, что после крушения гипотезы Д. Джинса эта отрасль науки оказалась в состоянии глубочайшего кризиса. Причем решающую роль в создании такого положения сыграли новые факты, добытые наблюдениями. Сама основа, лежащая в фундаменте всех существовавших гипотез, пришла в противоречие с фактами. И чтобы вывести науку из состояния кризиса, ученым пришлось пересматривать основу, заложенную в саму постановку космогонических задач, искать новые методы их решения.

Раньше никто не покушался на предвзятое представление о первоначальном состоянии вещества любой системы в виде разреженной туманности. Это казалось само собой разумеющимся, хотя и не подтверждалось никакими существенными данными наблюдений. И это априорное начало определяло и дальнейший спекулятивный метод дедуктивных построений. Впрочем, был он вполне оправдан. Наблюдения с поверхности Земли при всем старании астрономов не могли дать достаточно астрофизических данных, опираясь на которые можно было бы прийти к индуктивному методу построения гипотез. Луна была далека. Меркурий плохо наблюдался из-за своей близости к Солнцу. Венера вечно скрывалась под чадрой из непроницаемых туч неизвестного происхождения. Мифы о Марсе заполнили многочисленные прорехи в знании, создав некую квазиправдоподобную картинку. Достаточно вспомнить, сколько проектов «связи с марсианами» было представлено. Или вспомнить серьезные работы астроботаников,

отождествлявших спектры марсианских морей и каналов со спектрами земной растительности. О Юпитере и Сатурне спорили. Об остальных планетах просто не задумывались.

Все изменилось за последние неполные 20 лет — первые годы Эры Освоения Космоса человеком. Посмотрите сегодня на карту лунного полушария, обращенного к Земле. Она способна поразить любое воображение своей «заселенностью». Многие десятки точек прилунения космических аппаратов покрывают поверхность спутника Земли. Десятки!!! Это не говоря о том, что советские автоматические станции облетели Луну и сфотографировали ее «затылок», доставили на ее поверхность два самоходных исследовательских аппарата. Наконец, в декабре 1972 года закончилась шестая и последняя, наиболее длительная экспедиция на Луну человека по программе «Аполлон». Список намеченных работ был довольно обширным, и астронавты Ю. Сернан и Х. Шмитт, совершив посадку в долине Тавр-Литтров, пробыли на Луне около 75 часов. Самой интересной находкой считается большой участок поверхности оранжевого цвета, обнаруженный у кратера Шорти. Х. Шмитт, геолог по специальности, считает, что это результат обработки грунта газами, выходящими обычно из вулкана перед окончанием извержения. Важный вывод для определения исторического прошлого нашего спутника.

Примерно через месяц после американского визита 16 января 1973 года в 4 часа 14 минут на восточной окраине Моря Ясности внутри кратера Лемонье по трапу с посадочной ступени станции «Луна-21» сошел второй советский исследовательский автомат «Луноход-2».

За 5 лунных дней автомат проделал путь длиной 37 километров, передал на Землю 86 панорам и более 80 тысяч телевизионных снимков лунной поверхности. Все интересные подробности рельефа фиксировались стереоскопическим изображением.

Информация, которую получили специалисты в результате прямого исследования Луны, во многом будет способствовать накоплению новых данных о происхождении не только Луны и Земли, но и всей солнечной системы.

Интересные данные при исследовании космического

пространства получили ученые с помощью аппаратуры, установленной на борту советских автоматических станций «Прогноз». Три космических аппарата, запущенные в период 1972—1973 годов, были предназначены для комплексного изучения процессов солнечной активности и влияния их на физические явления в межпланетной среде, магнитосфере Земли и земной атмосфере. Приборы станций «Прогноз» зафиксировали самые большие за последние 20 лет вспышки на Солнце. Эти сведения помогут лучше изучить характер солнечной активности и глубже понять механизмы солнечно-земных связей.

Советские межпланетные автоматические станции преодолели миллионокилометровое расстояние, пробили облачный слой Венеры и опустились на ее разогретую поверхность, открыв изумленным людям непредполагаемый облик «сестры Земли». За советскими станциями последовали американские автоматы. Причем один из них прошел дальше в направлении к Солнцу и обогнул Меркурий, передав на Землю информацию об этой планете.

Советские и американские автоматические межпланетные станции добрались до Марса, вышли на «марсоцентрические орбиты» и в период великого противостояния разрушили много легенд красной планеты, заменив их подлинным знанием. Спускаемый аппарат советской станции опустился на поверхность Марса и передал информацию прямо с «марсианской земли»...

В последние годы начался активный сбор непосредственной информации о членах солнечного семейства. Это обстоятельство гарантирует новый, более плодотворный, подход и к решению космогонических проблем — накопление и последовательное обобщение фактических данных.

В конце 1972 и начале 1973 года антенны космической радиосвязи в Голдстоуне (США) нацелились на Сатурн. После почти десятилетнего перерыва, который прошел со времени радиолокации более близкого Юпитера, подобный же эксперимент был проведен и с далеким Сатурном. Однако отраженного сигнала от планеты получить не удалось. Основные отраженные сигналы пришли от колец. Их анализ позволяет предположить, что состоят кольца из глыб твердого материала с диаметром в один метр и больше, имеющих неровные,

с острыми выступами поверхности. Плотность глыб во внутреннем кольце, по-видимому больше, чем во внешнем.

Впрочем, это результат одного подхода к анализу сигналов. Другой подход, если считать, что вернувшиеся радиоволны испытали многократные отражения от вещества колец, требует резкого сокращения размеров глыб. Кое-кто из специалистов считает, что кольца Сатурна состоят из россыпей частиц диаметром меньше одного сантиметра... Этот пример трудностей, возникающих при интерпретации результатов экспериментов, может служить иллюстрацией «надежности» информации такого рода.

3 марта 1972 года в 1 час 49 минут по гринвичскому времени с космодрома на мысе Кеннеди трехступенчатая ракета-носитель «Атлас-Кентавр» вывела на заданную траекторию полета к Юпитеру космический аппарат «Пионер-10». А девять месяцев спустя «Пионер-10» совершил облет гигантской планеты на минимальном расстоянии от нее в 130 тысяч километров. Научные приборы АМС передали информацию о состоянии околопланетного пространства Юпитера, снимки Юпитера и четырех его спутников.

Обработка полученных сведений на электронно-вычислительных машинах заняла тоже около девяти месяцев. Что же нового дала полученная информация? В результате специалисты построили новую модель царя планет. Ныне мы представляем Юпитер быстро вращающимся газовым шаром, состоящим в основном из водорода (82 процента) и гелия (17 процентов). Твердое ядро, если оно есть, должно быть очень небольшим. В центре планеты температура порядка 30 тысяч градусов. Под действием мощного теплового излучения и стремительного вращения планеты, газовые массы юпитерианских туч и облаков вытянулись в разноцветные полосы. При этом серо-белые зоны представляют собой как бы хребты более нагретых массивов, а оранжево-бурые полосы соответствуют холодным впадинам в облачном слое. Знаменитое Красное Пятно выглядит на фотографиях как застывшие вихри исполинского шторма, высоко вздымающиеся над основным ярусом облаков.

Любопытные сведения пришли и от спутников Юпитера. На всех его четырех больших лунах, по-видимому,

есть атмосфера, состоящая тоже в основном из водорода. Телевизионное изображение показало рябой лик Ганимеда, напоминающий собой облики Луны и Марса. А вот плотность спутников преподнесла приятный сюрприз сторонникам классической космогонии. Ближайшие к Юпитеру Ио и Европа имеют плотность, близкую к лунной, то есть сложены, по-видимому, из скальных в основном пород. А более удаленные Ганимед и Каллисто, — по-видимому, смесь льда и камня. То есть плотность спутников падает по мере удаления от основной планеты, как и полагается по классическим канонам космогонии.

6 апреля 1973 года с того же космодрома отправился к Юпитеру дублер «Пионер-11». 2 декабря 1974 года аппарат на минимальном расстоянии, втрое меньшем, чем «Пионер-10», облетел Юпитер. Приборы сфотографировали и отправили на Землю изображения самой планеты и трех ее спутников. Причем на Каллисто ясно видна полярная шапка. Поскольку этот спутник находится вне пределов страшного радиационного пояса Юпитера, не исключено, что в будущем Каллисто сыграет роль космической базы дальних перелетов. На более близких спутниках радиационная обстановка опасна для жизни человека.

Затем в результате маневра «Пионер-11» перешел на другую траекторию и направился к Сатурну. При благополучном исходе встреча со вторым гигантом солнечной системы состоится 5 сентября 1979 года. При этом автоматический разведчик должен пройти довольно близко от Титана, спутника Сатурна, превосходящего своими размерами Марс и обладающего, по предположениям, довольно плотной атмосферой.

После встречи с Сатурном «Пионер-11», так же как и «Пионер-10», направится за пределы солнечной системы.

Специалистов весьма интересуют любые подробности о Юпитере. Слишком много загадок с ним связано. Некоторые ученые даже склонны считать эту планету своеобразным «розеттским камнем» солнечной системы. Напомним, что в 1799 году французский военный инженер А. Бушар, руководивший строительством окопов близ города Розетты, нашел темную базальтовую плиту с надписью на трех языках. В том числе и на иероглифическом древнеегипетском. Это позволило не-

сколько лет спустя англичанину Т. Юнгу и французу Ж. Шамполиону, независимо друг от друга, расшифровать иероглифы. Ученые надеются, что информация с Юпитера явится таким же ключом для решения проблемы происхождения и эволюции солнечной системы.

Направление дальнейшего полета «Пионера-10» — к звезде Альдебаран. Время для достижения ее примерно 1600 лет. Столь же точного адреса у «Пионера-11» пока нет. Трудно даже предположить с достаточной степенью достоверности, что встретится на пути посланцев Земли. А вдруг один из них когда-нибудь будет перехвачен разумными обитателями других звездных систем? Такой случай предусмотрен. Оба аппарата снабжены «письмами»: золочеными алюминиевыми пластинами, на которых надежно вытравлены пояснительные рисунки. В левой верхней части пластины изображена точка — Солнце, от которого протянулись линии к 14 пульсарам. Специалисты полагают, что эти «радиомаяки» наблюдаются всеми разумными существами вселенной, обладающими достаточно развитой цивилизацией. Возле каждого пульсара двоичной системой изображено число, соответствующее частоте излучения данного объекта во время запуска космического аппарата. Поскольку частота излучения пульсаров убывает по определенному закону, зная частоту в момент запуска, инопланетянам нетрудно будет в будущем рассчитать, когда данное послание было отправлено.

Слева же показана двухатомная молекула водорода — самого распространенного в космосе элемента. Длина волны его радиоизлучения (21 сантиметр) принята за единицу всех измерений в письме. Так справа на фоне профиля «Пионера» изображены обнаженные фигуры мужчины и женщины. Рядом черта длиной 21 сантиметр и число восемь в двоичной системе. Умножив 21×8, инопланетяне смогут вычислить рост людей и сопоставить его с размерами станции.

В нижней части пластины изображены Солнце и шеренга из девяти планет. Причем от третьей из них идет траектория полета мимо Марса, в облет Юпитера и дальше в межзвездное пространство.

Особых надежд на удачу авторы послания не питают. Но если не делать никаких попыток, то, как сказал американский астроном К. Саган, «надежды на

связь с разумными обитателями других миров будут всегда равны нулю». И с этим трудно не согласиться.

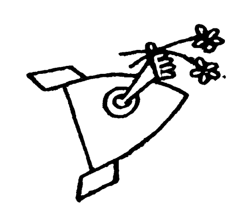
Сегодня можно привести много примеров нового подхода к космогоническим проблемам. Начинают вырабатываться критерии истинности, которым должны отвечать научные гипотезы. Например, объясняя явления, гипотеза не должна отрицать законы природы, должна подчиняться принципу соответствия, провозглашающему преемственность старых и новых теорий.

Затем, поскольку каждая гипотеза имеет дело со скрытым механизмом явлений, который непосредственно проверен быть не может, сама гипотеза должна подчиняться условию принципиальной проверяемости.

Важным критерием является и то обстоятельство, в какой степени гипотеза не только объясняет узкий круг явлений, для которых создана, но и предсказывает новые данные.

Наконец, исходя из единого основания, каждая гипотеза должна объяснять разнообразные явления, не привлекая для этого дополнительных допущений.

В настоящее время у планетной космогонии нет единой глобальной идеи, признаваемой абсолютным большинством специалистов. И трудно сказать, что будет дальше. Может быть, появится новая обобщающая гипотеза на классическом основании, а может быть, на новом. Может быть, правы окажутся те астрономы, которые утверждают, что понять происхождение солнечной системы вне рамок общей теории развития звезд невозможно. А может быть, «произойдет синтез конкурирующих в космогонии гипотез, теорий, концепций...». Отметим в заключение, что здесь необозримое пока поле для приложения молодых сил, молодого энтузиазма, вооруженного знанием.



# ЗВЕЗДНАЯ КОСМОГОНИЯ



## ДВЕ КОНЦЕПЦИИ

Пожалуй, следует начать с того, что в современной науке о происхождении и эволюции звезд и звездных систем существуют два резко выраженных противоположных и враждующих между собой направления. Одно из них старое, классическое, в основе которого лежит небулярный принцип, то есть взгляд на образование звезд из разреженного диффузного вещества путем постепенного сжатия первоначальной туманности. Второе направление новое, возглавляемое советской школой академика В. Амбарцумяна, исходит из прямо противоположного взгляда «об образовании звезд и звездных систем в результате фрагментации массивных и плотных (а может быть, даже сверхплотных) тел».

Такой ощутимый раскол лагеря космогонистов говорит прежде всего об определенном кризисе науки, о том, что накопленные сведения переросли старые умозри-

тельные гипотезы, но еще недостаточны для убедительного подтверждения гипотез новых.

Трудность заключается в том, что в ряде случаев одни и те же факты могут быть с равным успехом объяснены с позиций взаимно исключающих друг друга теорий. Состояние не новое для астрономической науки. Вспомните, как в XV веке небесные явления объяснялись одновременно с птолемеевских и коперниковских позиций и как в силу молодости и неразработанности




новой теории птолемеевский алгоритм оказывался точнее...

Не исключено, что и в звездной космогонии сейчас сохраняется положение, близкое к тому, что наблюдалось в астрономии пять столетий назад.

На стороне классической гипотезы — традиция и добротные математические теории.

На стороне гипотезы В. Амбарцумяна — новый взгляд и целый ряд удачно предсказанных новых фактов, не находящих удовлетворительного объяснения в рамках старых теорий.

В последние годы благодаря бурному развитию новой техники астрономы получили множество данных о самых разных фазах космогонических процессов в Галактике и за ее пределами. Но ни один из них не позволяет точно сказать: «Вот, смотрите, это происходит образование молодой звезды!»

Более того, новые наблюдения позволили сделать прямо противоположный вывод о том, что преобладающими процессами во вселенной являются не процессы сгущения, слияния и концентрации, а скорее наоборот: взрывы, распад и дезинтеграция. Эти результаты и привели к созданию новой концепции о плотных (и сверхплотных) прототелах, являющихся источниками звездообразования. Но хотя подобные объекты и должны бы быть весьма впечатляющими даже по масштабам метагалактики, ни одного из них пока не удалось обнаружить астрономам с помощью непосредственных наблюдений. Чему же верить? Какой точке зрения отдать пальму первенства?

Ну, о «вере в науку» больше говорить не стоит, а вот о «пальме первенства»... Может быть, как обычно, истина лежит где-то посередине? Может быть! Но пока она не найдена. И, чтобы понять, ради чего ломаются копья, нужно, пожалуй, обновить в памяти сам предмет спора и вспомнить сначала, что такое звезды, что мы знаем о них наверняка и по какому принципу мы, люди, пытаемся их классифицировать.

## РЯДОВАЯ ЗВЕЗДА — СОЛНЦЕ

«...Солнце является единственной звездой, у которой все явления могут быть детально изучены», — писал американский астроном Джордж Эллери Хейл, получивший золотую медаль Королевского астрономического общества за метод фотографирования поверхности Солнца и другие работы. В истинности сказанного нет оснований сомневаться и сегодня. И хотя, описывая Солнце и звезды, мы вторгаемся в сферу астрономии и даже астрофизики, другого выхода у нас нет. Солнце действительно является типичной рядовой звездой и вполне может служить меркой — критерием для остальных светил.

Некогда древние мудрецы провозгласили: «Ex nihilo nihil fit» — «из ничего ничто не родится». Прекрасный

лозунг материалистического взгляда на мир. Не от него ли произошла великая идея сохранения вещества и энергии, ставшая краеугольным принципом науки? Еще Михаил Васильевич Ломоносов говаривал, взвешивая свои реторты с химическим зельем: «Ежели от одного сколько убавится, то к другому столь прибавится...»

Наблюдая Солнце, Вильям Гершель не раз задумывался над тем, сколько огненной энергии отдает наше светило в окружающее пространство. Отдавать-то отдает, а откуда берет? В. Гершель красиво назвал этот вопрос «великой тайной». Он не нашел на него ответа и оставил, перейдя к другим наблюдениям.

Скромный гейльброннский доктор Юлиус Роберт Майер и думать не думал оказаться причиной ожесточеннейшей полемики таких известных в науке XIX века людей, как Р. Клаузиус, Р. Тэт, В. Гиндаль, Дж. Джоуль и Е. Дюринг. Да еще удостоиться почетного сравнения, сделанного Е. Дюрингом в заголовке статьи «Роберт Майер — Галилей XIX столетия». Чем же столь знаменит оказался бывший судовой врач, скромно и в безвестности проживавший в провинции и пописывающий время от времени сложные научные статьи?

В статьях доктора Р. Майера содержался новый взгляд на силы.

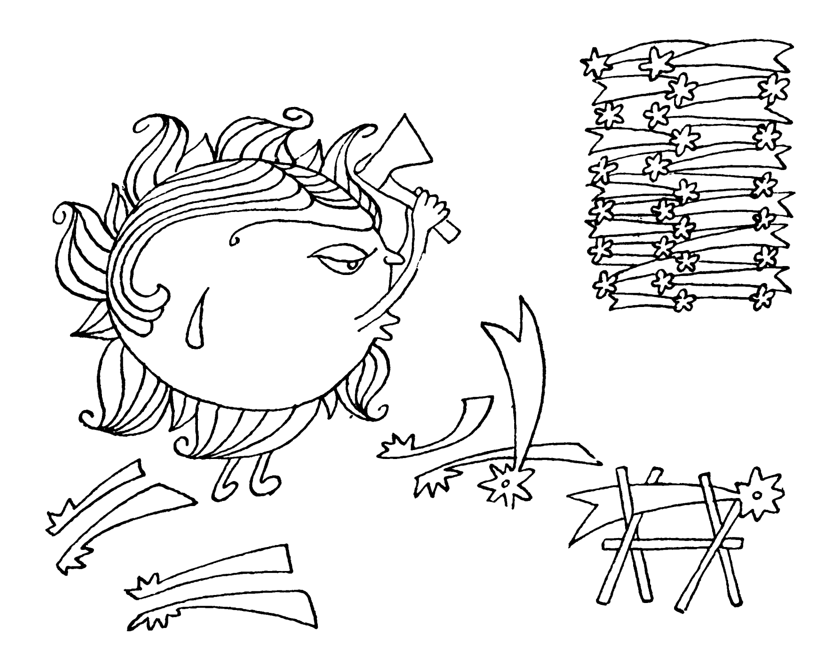
В статьях доктора Р. Майера впервые сформулирован первый закон термодинамики.

В статьях доктора Р. Майера было дано определение механического эквивалента тепла.

Это обстоятельство и явилось предметом ожесточенного спора почтенных метров. Спора не по существу открытого закона, а, увы... по поводу приоритета; спора, кто первый: Р. Майер или Дж. Джоуль!

Вот кто такой был скромный врач из Гейльбронна. В 1847 году Р. Майер задался целью ни более ни менее, как открыть «великую тайну» В. Гершеля, выяснить источники энергии Солнца. А почему бы и нет? Ведь если закон сохранения энергии в самом деле закон для всей вселенной, то и Солнце должно подчиняться общим правилам. Год спустя он за собственный счет издает мемуар «К динамике неба в популярном представлении», начинавшийся словами: «Свет как звук состоит из колебаний, которые из светящегося или звучащего тела распространяются в определенной среде... Для того чтобы звучал колокол или струна, нужно, чтобы внешняя при-

чина привела их в колебание и сила эта есть причина звука... Часто и удачно сравнивали Солнце с непрерывно звучащим колоколом. Но чем поддерживается в его неослабной силе и вечной юности это светило, наполняющее столь чудесным образом небесные пространства своими лучами? Что препятствует его истощению, наступлению равновесия, которое повело бы за собою мрак и смертный холод нашей планетной системы?



Всеобщий закон природы, не допускающий исключений, гласит, что для произведения тепла необходима известная затрата силы. Но последнюю, как бы разнообразна она ни была, всегда можно свести на две главные категории, на «затрату химического материала или на затрату механической работы». Стало быть, источник солнечной теплоты следует искать в соответствующих двух агентах и выбирать между ними».

Дальше Р. Майер приводит некоторые популярные примеры. Он предполагает Солнце состоящим из одного угля и показывает, что при этом оно полностью сго-

рело бы за 4600 лет. Он переводит энергию вращения Солнца в тепло и показывает, что в этом случае ее хватило бы всего на 158 лет. Но «...совсем в ином виде представляется дело, если рассматривать Солнце как звено вселенной. По нашей солнечной системе пробегают, кроме известных доселе планет с их 18 спутниками, множество комет, которых, по знаменитому изречению И. Кеплера, в небесном пространстве больше, чем рыб в океане; и сюда же относятся астероиды, которым, судя по видимым нами падающим звездам и огненным метеорам, и числа нет. Поэтому со всех сторон медленно, но непрерывно к Солнцу должен притекать бесконечный поток весомого вещества и, сталкиваясь с ним, превращать механическую силу своего движения в теплоту».

Так выглядела первая формулировка метеоритной, или «динамической» теории Солнца.

При жизни Р. Майера его идеи не были широко известны просвещенному миру. И причина этого вовсе не в том, что сам доктор, по деликатному замечанию биографов, подвергался «продолжительному и, говорят, не совсем произвольному лечению холодной водой». (Такой метод был распространен в те годы в психиатрических лечебницах.) Просто его работ не знали. Но «идеи рождает время, и они носятся в воздухе». И потому скоро в Англии автором метеоритной гипотезы прослыл некий Дж. Ватерстон. Потом эта гипотеза подвергалась тщательной разработке В. Томсоном, который пришел в восторг от новой идеи связать излучение Солнца с потерей массы. Правда, было одно сомнение: «...если бы метеориты или подобные им тела стремились в подобающем количестве к Солнцу, то даже здесь у нас, за 150 миллионов километров от Солнца, ими кишел бы воздух; от их ударов Земля была бы раскалена докрасна; геологические пласты состояли бы в значительной степени из метеоритов; влияние их сказалось бы на движении Земли». Ведь метеоритного топлива требовалось нашему светилу порядочно. По расчетам того же Р. Майера, энергии падения Луны хватило бы Солнцу в лучшем случае на год для поддержания существующей интенсивности излучения. Нет, в таком откровенном виде эта гипотеза, пожалуй, не годилась.

В одной из своих популярных лекций немецкий медик и физик Г. Гельмгольц высказал любопытную

мысль: если принять предположения П. Лапласа о том, что Солнце и его система произошли из туманности, причем процесс сжатия небесных тел не прекратился, а продолжается и поныне, то не может ли этот самый механизм сжатия восполнять потери на излучение? То есть не может ли механическая энергия сжатия переходить в тепловую?

Г. Гельмгольц произвел расчеты и получил интересные цифры. Сокращение диаметра Солнца всего на одну десятитысячную обеспечило бы покрытие тепловых потерь в течение более чем двух тысячелетий.

Против теории Г. Гельмгольца выступил инженер Карл В. Сименс, член гигантской фирмы «Сименс и Гальске», основанной его братом Эрнстом.

К. Сименс жил в Англии, где принял имя Вильяма, и был известен как сторонник и пропагандист всевозможных регенераторов к паровым машинам, регенеративных печей, регенеративных конденсаторов и прочее.

Экономный, как все немцы, В. Сименс не мог потерпеть того факта, что львиная доля солнечной энергии теряется в мировом пространстве и лишь ничтожная часть употребляется с пользой, нагревая планеты. Чтобы исправить положение, он предложил гипотезу, якобы объясняющую возвращение Солнцу истраченного тепла. Для этого он заполнил все мировое пространство газами, конечно, находящимися в разреженном состоянии. Каждое светило силой притяжения создает себе из этих газов атмосферу. Нижние слои ее состоят из тяжелых газов, верхние из легких, например из горючего водорода.

Теперь представим себе огромный солнечный шар, бешено крутящийся в пространстве. С экватора его под действием центробежной силы должны срываться огромные массы тяжелых газов и улетать прочь. Одновременно через полюсы к нему будут притекать потоки нового легкого и горючего газа, который, сгорая, возмещает потери Солнца на излучение. В. Сименс предлагает модель Солнца в виде некой регенеративной печи, в которой происходит восстановление жидкого вещества из продуктов сгорания... Странная с современных позиций гипотеза пользовалась успехом. Ф. Розенбергер, автор капитального труда «История физики», в

1892 году пишет: «Приведенные теории сохранения солнечной энергии (имеются в виду гипотезы Р. Майера, Г. Гельмгольца и В. Сименса. — *А. Т.)* не противоречат друг другу, не заключают в себе ничего невероятного и могут существовать рядом. В настоящую минуту самая живая из них теория Сименса, но наиболее грандиозная, без сомнения, майеровская, так как она соединяет нашу систему с прочими телами вселенной и обещает сохранение солнечной системы вплоть до всеобщего конца, т. е. до выравнивания энергии во всей вселенной».

Интересная цитата, если вдуматься. Некогда, занимаясь исследованием работы паровых машин, С. Карно пришел к выводу, что даже при отсутствии всякого трения ни одна машина, превращающая тепло в работу, не может иметь стопроцентного коэффициента полезного действия, КПД. Дело в том, что часть тепла, а значит и тепловой энергии, непременно от котла переходит к конденсатору, нагревая последний. Следовательно, часть энергии будет всегда теряться, повышая температуру конденсатора. Так будет происходить до тех пор, пока температура котла и конденсатора не сравняется. После чего машина перестанет работать. Отсюда С. Карно пришел ко второму принципу термодинамики, обобщенному в дальнейшем Р. Клаузиусом и В. Томсоном. Сегодня этот закон читается так: «В замкнутой системе любые процессы приводят к нарастанию энтропии». Энтропия — это мера обесценивания энергии.

Солнечная система тоже может служить иллюстрацией к этому закону. В соответствии со сформулированным принципом эволюция идет только в одну сторону. Следовательно, в конце всегда смерть. Но раз в промежутке существование, то должно было быть и начало, то есть рождение. Пусть рождение солнечной системы обязано проявлению космических сил. А если распространить второй принцип термодинамики на весь мир? Кто его создал? Похоже, что как ни верти, а без бога не обойдешься. Вот к какому выводу приводит нас безобидная цитата.

Против «тепловой смерти вселенной» выступали многие выдающиеся ученые XIX века. И сейчас страхи по этому поводу имеют чисто исторический интерес. XX век вообще положил конец умозрительным заключениям, выступавшим нередко в прошлом в качестве научных

гипотез. Новое время предложило и новые методы. Чтобы двигаться дальше, нужно было прежде обобщить накопленную информацию. Непрерывное же выдвижение гипотез напоминало бег на месте.

## СОЛНЦЕ БЕЗ ГИПОТЕЗ И ТЕОРИЯ «ТЕРМОЯДА»

Что же мы знаем о Солнце сегодня? Давайте составим нечто вроде медицинской карты на наше светило; примерно такой, какие в бесчисленном количестве составляют на нас с вами в поликлиниках вместо того, чтобы просто отправить в санаторий. Только факты, без всяких там домыслов и гипотез.

Ну, прежде всего угловой диаметр и расстояние до Земли. Обе величины нетрудно измерить. Затем количество солнечной лучистой энергии, падающей на единицу земной поверхности в единицу времени. Для этого измерения лучше всего отправиться, конечно, на экватор. Но если на экватор не хотите, опыт можно произвести и дома в полдень... Дальше, сравнивая цвет Солнца с цветом раскаленного вещества на Земле, мы косвенно можем судить о поверхностной температуре светила. А, изучив возраст самых старых земных пород, можно примерно назвать нижнюю границу возраста Солнца. Ведь считать, что Земля старше Солнца вряд ли целесообразно. Если добавить еще и период обращения Земли (или любой другой планеты), который понадобится для определения массы Солнца, и группу данных, определяющих наше светило как члена Галактики, то, пожалуй, все наблюдаемые характеристики этим и исчерпываются. Можно бы, конечно, еще добавить, например, скорость вращения Солнца, вычисленную по скорости перемещения его пятен, но тут есть одна неприятность. Во-первых, пятна на солнечном диске видны только в поясе от +40 градусов до —40 градусов гелиографической широты. В более высоких широтах их почти не заметно. Во-вторых, вращается-то Солнце на разных уровнях по-разному: на экваторе — быстрее, ближе к полюсам — медленнее. Какую же скорость принять в качестве основной?

Теперь давайте сведем наблюдаемые характеристики Солнца в таблицу.

### Наблюдаемые характеристики Солнца

(по П. Куликовскому)

| | |
|---|---|
| Угловой диаметр . . . . . . | 31′59″26 |
| Расстояние от Земли . . . . . | (149 504 000 ± 17 000) км |
| Солнечная постоянная . . . . | $1{,}39 \cdot 10^6$ эрг/сек см$^2$ |
| Температура поверхности . . . | 6000°К |
| Возраст . . . . . . . . . . | $(4{,}5 \div 6) \cdot 10^9$ лет |
| Период обращения Земли (звездный, или сидерический, год) . | 365,25636 суток |
| Наклон солнечного экватора к эклиптике . . . . . . . . . | 7°15′ |
| Скорость движения Солнца относительно окружающих его звезд | 19,5 км/сек |
| Расстояние Солнца от центра Галактики . . . . . . . . . | 8000 парсек = 2450 световых лет |
| Скорость движения Солнца вокруг центра Галактики . . . . . | 250 км/сек |
| Период обращения Солнца вокруг центра Галактики . . . . . . | $1{,}8 \cdot 10^8$ лет |

По этим данным, произведя некоторые вычисления, можно составить еще одну таблицу. Между прочим, гораздо более важную, чем первая, с точки зрения астрофизиков.

### Вычисленные характеристики Солнца

(по П. Куликовскому)

| | |
|---|---|
| Масса . . . . . . . . . . . . | $1{,}983 \cdot 10^{33}$ г |
| Средняя плотность . . . . . . | 1,41 г/см$^3$ |
| Общая радиация (светимость) . | $3{,}78 \cdot 10^{33}$ эрг/сек |
| Диаметр . . . . . . . . . . | 1 390 600 км |
| Объем . . . . . . . . . . . | $1412 \cdot 10^{15}$ км$^3$ |
| Ускорение силы тяжести на поверхности Солнца . . . . . | $2{,}738 \cdot 10^4$ см/сек$^2$ |
| Критическая скорость или скорость освобождения . . . . . | 619,4 км/сек |

И наконец, для сравнения Солнца с остальными звездами астрофизики ввели еще несколько характеристик.

### Сравнительные характеристики Солнца

(по П. Куликовскому)

| | |
|---|---|
| Звездная визуальная величина . | $-26^m{,}80 \pm 0{,}03$ |
| Абсолютная фотовизуальная звездная величина . . . . . | $+4^m{,}96$ |
| Спектральный класс . . . . . | dG2 |

Буква m в показателе степени называется звездной величиной, определяющей блеск звезды.

Буква d перед спектральным классом говорит о том, что наша звезда — карлик.

Конечно, это далеко не все характеристики. Да и выбраны они автором достаточно произвольно.

Но, после того как они приведены, не худо бы и пояснить, чем они так уж важны в книге, посвященной вопросам космогонии. Именно космогонии, а не астрофизики и не звездной астрономии. А вот чем.

Минимальный возраст — это время, за которое наше светило практически не менялось. Порукой тому свидетельство земных пластов.

Средняя плотность — 1,4 г/см$^3$ — говорит о том, что солнечный шар состоит из довольно разреженной субстанции.

А ускорение силы тяжести — в 28 раз большее, чем на Земле, — свидетельствует о внушительном внешнем воздействии. И сразу возникает вопрос о природе небесного тела, которое может существовать так долго и в таких условиях. Какое оно? Твердое? Нет! Плотность мала. Жидкое? Тоже нет! Может быть, газообразное? А это очень может быть. Ведь говорят же физики, что от немедленного сжатия наше светило может удержать только внутреннее тепловое давление. Возникает же оно за счет теплового движения частиц солнечного вещества. Значит, Солнце — газовый шар, да еще и хорошо нагретый.

Смотрите, какой необыкновенно оригинальный вывод нам удалось сделать...

Прекрасно! Теперь можно задуматься и о тех реакциях, которые столь долго и стабильно поддерживают жизнь нашего светила, а в том числе и наше с вами бренное существование. Предположение Г. Гельмгольца об энергии за счет сжатия не годится. Солнце продержалось бы на ней в существующем состоянии не более нескольких миллионов лет. Этого мало. Не стоит говорить и о химической энергии. Тут срок еще меньше. Тогда какая же?

В неофициальной части истории физики сохранился один эпизод. Рассказывают, что однажды два приятеля — развеселые студенты-физики из славного Геттингенского университета жарким солнечным днем гуляли по тенистому парку. Переходя от дерева к дереву, они

со смехом говорили о том, что в такую погоду не исключен солнечный удар кое у кого из профессоров, что само по себе не так уж и плохо, ибо тогда завтра отменят лекции. Однако настоящий физик даже о солнечном ударе не может говорить, забывая о физике. Сегодня трудно восстановить, кому из студентов первому пришла в голову идея об истинном источнике энергии пылающего над головой Солнца. Во всяком случае, вряд ли кто обвинит нас, если мы домыслим сцену...




— Клянусь рефератом, который нужно завтра представить, это... — Фриц Хоутерманс, а именно так звали одного из студентов, показал рукой на Солнце, — это не костер из буковых поленьев.

— Пожалуй, — подхватил его приятель, — он бы давно погас, и сегодня не было бы такой сумасшедшей жары.

Приятеля Ф. Хоутерманса звали Аткинсон. Он только что приехал из Кембриджа, где все были увлечены удивительными опытами Э. Резерфорда по атомным превращениям. Может быть, также в шутку высказался

он за то, что кавендишские атомные превращения, рождающие столь горячие споры, и жаркие процессы внутри Солнца должны иметь какую-то связь! Ф. Хаутерманс подхватил идею.

— Конечно, легкие элементы сливаются, образуют более тяжелые, а освободившаяся энергия печет нам головы...

Может быть, именно с этого случайного разговора и началась серьезная работа обоих физиков над проблемой теории термоядерных процессов в недрах Солнца. Над ней сломано было немало зубов и копий. Предположить, что энергия Солнца обязана слиянию атомов водорода и образованию более тяжелого гелия, было слишком мало. Следовало доказать, что эта гипотеза имеет под собой твердую почву. Ведь для синтеза легких ядер нужна чудовищная температура. Обеспечивает ли Солнце требуемые условия при каких-то 6 тысячах градусов на поверхности?

«Что значит каких-то? — вправе обидеться читатель, знакомый с достижениями техники электро- и газовой сварки. — Нам бы такую!» Так-то оно так. Нам-то бы неплохо, а вот термоядерным реакциям ни к чему. «Термояду» при 6 тысячах градусов холодно. Реакции не желают при этом проистекать. А как же быть с источником солнечной энергии?..

Тут к этой проблеме совсем с другого бока подобрался Артур Стенли Эддингтон, замечательный английский астроном, астрофизик, сделавший очень много как в самой науке, так и в ее популяризации.

После того как Петр Николаевич Лебедев открыл и измерил световое давление, никто из физиков в общем-то не знал, что с этим давлением делать. Многие считали, что столь ничтожная сила не может играть существенной роли в жизни космических небесных объектов. Но А. Эддингтон построил именно на ней свою теорию равновесия звезд. Он одним из первых пришел к мысли, что там, где энергия излучается в космических масштабах, световое давление, вкупе с обычным газовым давлением, могут уравновесить гигантскую силу тяжести, развиваемую огромной массой звезды. Работая над своей теорией, А. Эддингтон подумал: а не влияет ли масса вообще на физическое состояние раскаленных газовых шаров, которые мы называем звездами? Эта мысль окрепла, превратилась в убеждение в конце концов,

подтвержденная теорией и наблюдениями, стала важным космогоническим законом.

Не стоит перечислять все научные работы президента Королевского астрономического общества А. Эддингтона. Многие из них выходят за рамки, ограниченные темой нашей книги. Для нас важно знать, что, пользуясь выведенными соотношениями и зная массу, а следовательно, и тяготение Солнца, А. Эддингтон рассчитал давление, необходимое для уравновешивания сил тяготения, а затем и температуру в недрах нашего светила, способную обеспечить требуемое давление. Получилась поистине астрономическая цифра в 15 миллионов градусов. Читатель, даже привыкший к масштабности шкалы цифр наших дней, поневоле должен затаить дыхание. Особенно если учесть, что согласно последним расчетам уже наших дней эта цифра поднялась еще выше и перевалила за 21 миллион.

Расчеты А. Эддингтона примирили физиков с астрономами.

Теперь тепла хватало, чтобы «высидеть» реакцию термоядерного синтеза. Оставалось только выбрать подходящий тип этой реакции. Дело в том, что написать их можно довольно много. Но поскольку все данные спектрального анализа в один голос твердили, что Солнце почти целиком состоит из водорода и только чуть-чуть из гелия, то немецкий физик Ганс Альбрехт Бете, работавший с 1939 года в США, попробовал приспособить для Солнца реакции термоядерного синтеза гелия из водорода через промежуточные превращения. Написал. Проверил. Вроде подходило. Скорости, с которыми реакции протекали, вполне обеспечивали общее количество излучения. Тогда Г. Бете переписал свои уравнения и скромно признался коллегам, что, похоже, он открыл единственно пока возможный источник солнечной энергии.

Коллеги удивились тому, что это не пришло в голову им самим. Коллеги восторгались тем, что в работе Г. Бете остались возможности дальнейшего совершенствования теории и бросились наперегонки реализовать эти возможности.

Сегодня представления Г. Бете лежат в основе классической теории звездной эволюции. Они разработаны настолько тщательно, что нужно быть очень смелым

человеком, чтобы поднять голос против. Многие предсказания теории получили подтверждение наблюдателей. А сам Г. Бете в 1967 году получил Нобелевскую премию.

Теперь самое время задать главный вопрос, после которого должны исчезнуть последние сомнения: «А как эксперимент, непосредственный эксперимент, подтвердил гипотезу Г. Бете? Ведь водородные бомбы взрывались над Землей уже не раз и над, и под...»

Увы! Как говорится, «прямых экспериментальных доказательств термоядерной природы солнечной энергии пока нет». Более того, теоретики уже рассчитали не одну, а несколько непротиворечивых моделей Солнца. Факт довольно удручающий. Лучше бы одну. Но для этого нужно твердо знать, что у Солнца внутри. А пока, пока какая бы то ни было точная информация о солнечном ядре отсутствует. Ведь и герр Г. Бете, предлагая свою глубокую теорию, основывался только на «поверхностных» данных. Имеются, конечно, в виду данные спектрального анализа. Чего бы, кажется, не отдали астрофизики за то, чтобы хоть одним глазом заглянуть внутрь нашего светила...

Если Г. Бете прав, то обстановку внутри Солнца представить себе можно. Ядерные реакции в центре порождают мощное гамма-излучение, которое, пробиваясь сквозь толщу солнечного вещества, преобразуется в более длинноволновое — рентгеновское. Однако недра нашего светила одинаково непрозрачны как для гамма-, так и рентгеновского излучения. И потому последнее, поднимаясь все выше и ближе к поверхности, претерпевает новое превращение — переходит в еще более длинноволновое излучение видимого света. Лишь после этого лучи покидают Солнце и через восемь с небольшим минут любезно предоставляют земным наблюдателям всю заложенную в них информацию. Но только о той области, которая их породила, — о поверхности Солнца.

Как же тут быть? Световые лучи не годятся, радиоизлучение и рентгеновские лучи, которые приходят от нашего светила к нам, тоже не несут информации о глубоких недрах. И все-таки есть выход! Нутряные реакции порождают еще один вид излучения — нейтринное. А для нейтрино что Солнце, что Земля, что пустой космос — все едино. Они почти беспрепятственно сквозь них

проходят, ни с чем не реагируя. Может быть, попробовать поймать их?

В 1964 году американский физик Р. Дэвис приступил к таким опытам. Работники сферы бытового обслуживания с ума бы посходили от зависти, знай они, сколько канистр с бесцветной жидкостью, применяемой для чистки одежды, были опущены в одну из шахт отдаленных золотых приисков. Однако Р. Дэвис не собирался устраивать подпольную, точнее, подземную химчистку. Громадная цистерна, наполненная тетрахлорэтиленом, должна была задерживать солнечные нейтрино. А под землю полезли физики, чтобы избежать ненужного фона от других частиц.

Идея эксперимента заключалась в поимке солнечных нейтрино, которые могли бы рассказать о процессах внутри Солнца. К сожалению, несмотря на три года работы и непрерывного совершенствования методики измерений нейтринный детектор (или «нейтринный телескоп») упрямо показывал поток частиц в десять раз меньший, чем ожидалось по теоретическим расчетам. Было от чего прийти в уныние. Говорят, желая утешить Р. Дэвиса, рабочие говорили: «Не огорчайтесь, док. Нынешнее лето было таким облачным...» Однако шутки помогали мало. Налицо было вопиющее противоречие опыта и признанной теории. Теоретики, правда, недолго унывали. Они тут же предложили множество спасительных гипотез, среди которых, конечно, были такие, что таили в себе нарушения и некоторых фундаментальных законов природы либо исходили из столь ультрановых допущений о существовании явлений, которых никто и никогда не наблюдал. Авторов этих работ не смущало, что такого рода гипотезы среди серьезных специалистов успехом не пользовались.

Простой и многообещающий путь к решению проблемы нейтринного дефицита предложил американский астрофизик У. Фаулер из Калифорнийского технологического института. Он обратил внимание коллег прежде всего на то, что между потоком нейтрино и световым потоком (потоком фотонной светимости, если выражаться научно) существует в принципе большое различие. Частицы нейтрино не задерживаются солнечным веществом и потому, родившись в недрах светила, они через восемь с небольшим минут уже могут быть в шахте в цистерне с жидкостью для химчистки. И совсем

другое дело — свет. Пока та же волна термоядерной энергии, породившая только что пойманные нами нейтрино, доберется из центра Солнца до его поверхности и родит фотоны, пройдет довольно много времени. Физики называют его «временем Кельвина — Гельмгольца». О длительности его единой точки зрения нет. У. Фаулер считает его равным примерно тридцати миллионам лет. Другие специалисты убеждены, что оно порядка на три меньше... Но так или иначе, а появление фотонов должно довольно сильно отставать от появления нейтрино, рожденных одним и тем же процессом.

Конечно, солнышко наше — звезда довольно спокойная («тьфу, тьфу, чтобы не сглазить»). Но и у него в центре могут происходить перемены. Какие? У. Фаулер говорит, например: перемешивание. Да, довольно быстрое перемешивание внутренних горячих и наружных более холодных слоев. Как только оно произойдет, температура в центре Солнца падает. А количество высокоэнергетических нейтрино очень сильно зависит от температуры. Значит, и поток нейтрино резко сокращается. Со временем уменьшится, конечно, и световой поток. Но далеко не сразу...

Получается, что, произойди такое перемешивание в солнечном ядре, через считанные минуты земные приборы должны зафиксировать уменьшение потока нейтрино. А свет от Солнца еще будет долгое время литься нам на головы в неизменном количестве.

На страницах журнала, в котором У. Фаулер опубликовал свою гипотезу, еще не успела высохнуть типографская краска, а специалисты исследовательских групп США и Англии, в распоряжении которых были компьютеры и соответствующие программы для расчета процессов в звездах, уже принялись считать. Это говорит о том, что вопрос о солнечных реакциях стоит сейчас чрезвычайно остро.

Результаты расчетов пока оценивать рано. Во многом они расходятся друг с другом. Но то, что идея У. Фаулера плодотворна, сомнений нет ни у кого.

Правда, может возникнуть и такой вопрос: а почему бы вдруг недрам солнечным начать перемешиваться? Пока большинство астрофизиков на эту тему предпочитает не высказываться. Но вот совсем недавно в одной из статей, подписанной теоретиками из Кембриджского института Ф. Дилком и Д. Гу, гипотеза возможных

причин перемешивания все-таки была предложена. Смысл ее заключался в том, что примерно за каждые 250 миллионов лет «спокойной жизни» в недрах Солнца накапливается слишком много «шлака». Химический состав вещества настолько изменяется под действием идущих там реакций, что происходит срыв, перемешивание, которое продолжается в течение примерно миллиона лет или меньше. Естественно, что после такого события, как после инфаркта, Солнцу нужно примерно до десяти миллионов лет на то, чтобы прийти в себя, после чего снова наступает период спокойной жизни.

Расчеты на ЭВМ показывают, что во время перемешивания должно происходить резкое увеличение потока нейтрино, после чего его интенсивность также резко спадает и потом в течение длительного срока постепенно нарастает снова, подбираясь к нормальному уровню.

А теперь представим себе, что сравнительно недавно в недрах Солнца произошло перемешивание. Наши приборы должны регистрировать уменьшившийся поток нейтрино. (Как это было в опыте Р. Дэвиса.) А свет? Свет мы еще долгие годы будем получать от Солнца прежний, пока результаты процесса перемешивания не скажутся на внешней оболочке светила. Но наступит время, когда его количество начнет уменьшаться, а поток нейтрино к той поре, возможно, восстановится.

Если согласиться с тем, что описанное явление в жизни Солнца периодически повторяется, а от количества света, как известно, зависит жизнь на Земле, то не поискать ли в прошлом каких-либо указаний на то, что такие или похожие явления уже были?

Оказалось, можно! Каждые 250 миллионов лет на поверхности нашей планеты наступают ледниковые периоды. Предположения о причинах, их вызывающих, существуют разные. Правда, увязывая Великие Обледенения с циклами перемешивания, специалисты наталкиваются на некоторые затруднения. Но тут виновата прежде всего неоднозначность «времени Кельвина — Гельмгольца», о котором мы уже говорили, хотя есть основания считать эти затруднения временными. А пока гипотеза «перемешивания» признается далеко не всеми, и проблемы, с нею связанные, находятся в состоянии дискуссии.

Пока теоретики спорят, развивающаяся наука на базе новой техники подбрасывает им все новые и новые

факты. Наблюдая солнечные вспышки, экипаж «небесной лаборатории» «Скайлэб» обнаружил любопытное явление. Оказалось, что одна солнечная вспышка может вызвать другую на ином удаленном участке солнечной поверхности. При вспышке образуется гриб, подобный грибу ядерного взрыва. Во время одного из сеансов наблюдения астронавты неожиданно увидели в короне Солнца огромный «пузырь». Скорее всего что он возник как результат мощной вспышки на другой, невидимой с Земли солнечной стороне.

Фотографируя протуберанцы, астронавты «Скайлэба» и советские космонавты с «Салюта-4» обнаружили немало нового и пока не объяснимого в деятельности нашего светила. Однако пока мы должны констатировать, что никаких прямых экспериментальных подтверждений, что в его недрах бушует именно термоядерный пожар, нет! Но ведь все теории построены именно на этом предположении. Как же относиться к ним? Вот так и относиться, не принимая ничего на веру. Наука и вера — понятия несовместимые. Впрочем, тут уж автор начинает эксплуатировать рецепты «законов Паркинсона», гласящие, что «любое утверждение становится истиной после 1227 повторений». Почему именно после 1227? А попробуй, проверь...

## ЗВЕЗДЫ В АССОРТИМЕНТЕ

Ассортиментом в торговле называют набор различных видов и сортов товаров. Мы, конечно, торговать звездами не собираемся. Но в наши дни астрономических конкурсов в вузы торговли подобные термины особенно популярны. А мы с вами стремимся к доходчивости и занимательности.

Итак, для сравнения звезд между собой у нас есть один эталон — Солнце. Солнце — рядовая звезда. Солнце — мерило звезд. Но прежде чем начать работу по сравнению, неплохо, пожалуй, внести некоторые уточнения. Касаются они прежде всего блеска Солнца и звезд. Вот как выглядят, например, эти величины для нашего светила и ряда хорошо знакомых звезд северного неба:

Солнце — $26^m,8$
Сириус — $1^m,43$

Вега $+0^m,04$
Полярная $+2^m,01$

(Приведенные цифры могут несколько отличаться в зависимости от выбранного справочника.) Здесь буква m, как мы уже говорили, называется звездной величиной. Интервал в одну звездную величину соответствует разнице в блеске двух объектов в 2,512 раза. Эта величина связана с психофизиологическим законом Вебера — Фехнера. Закон утверждает, что если раздражающий фактор меняется в геометрической прогрессии, то соответствующее ему ощущение изменяется в арифметической прогрессии. У нас раздражающий фактор и есть блеск звезды.

Пользуясь указанным соотношением, легко вычислить, что Полярная звезда кажется нам в шесть раз слабее Веги, Вега — в четыре раза слабее Сириуса и так далее. Однако видимый блеск звезд зависит не только от их действительной светимости, но и от расстояния. Поэтому для сравнения между собой по силе света звезды надо прежде всего отодвинуть на одинаковое стандартное расстояние. Оно выбрано в десять парсек, или 32,6 светового года. Приведенная к этому расстоянию звездная величина называется абсолютной — и обозначается буквой M.

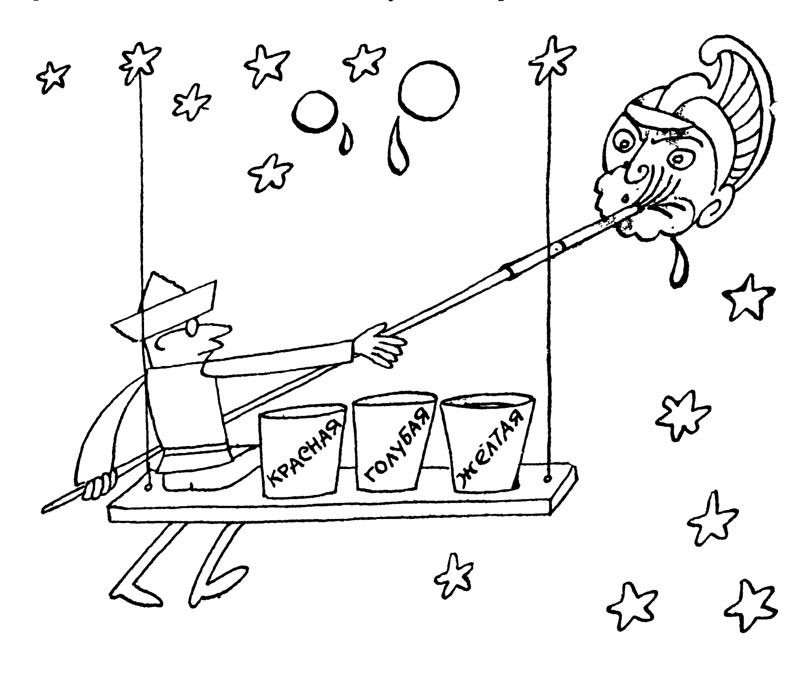
А теперь по всем правилам отодвинем избранные четыре звезды на требуемое расстояние и посмотрим, что произойдет.

Батюшки! Как изменилась картина! На первое место вышла Полярная, которая стала светить куда ярче Сириуса. Обогнала его и Вега. А Солнце? Где наше солнышко? Оно почти незаметно из такой дали. Чтобы окончательно убедить читателя в относительности того, что он видит на небе, приведем еще один пример. В созвездии Орион есть звезда Ригель, по наблюдаемой яркости она занимает седьмое место. Но если сравнить ее истинную светимость с солнечной, окажется, что Ригель светит примерно в 23 тысячи Солнц.

По диаметру наше Солнце тоже весьма средненькая звездочка. Бывают и больше, даже весьма «и больше». Такие светила, как VV Цефея, S Золотой рыбы и Эпсилон Возничего имеют диаметры в тысячи раз больше, чем у Солнца. Можете вы представить себе звезду, диаметр которой равен поперечнику всей солнечной системы, ограниченной орбитой Плутона? При этом

масса такого светила превышает массу нашего Солнца всего в несколько десятков раз, иначе звезда будет неустойчивой?

Значит, любой сверхгигант — это одна видимость. Чтобы не оказаться чересчур тяжелым, он имеет плотность, которая вполне может поспорить с тем высоким вакуумом, которого мы достигаем в электронных приборах, откачивая из них воздух на дорогостоящих насосах.




А встречаются и звезды-крошки с диаметром в 15—20 километров, но с массой, опять же ненамного отличающейся от массы Солнца. Подумайте сами, какая у них может быть плотность! Позже, когда разговор пойдет о сверхплотных телах, некоторые ошеломляющие цифры мы приведем...

Весьма существенно различаются звезды и по цвету. Это только невнимательному глазу кажутся они все одинаковыми. Астрономы разбили все существующие оттенки звездного цвета на 13 баллов и внимательно следят за их изменениями. Почему это так важно?

Потому что цвет меняется соответственно температуре поверхности звезды. Из всех известных до сего дня наблюдаемых звезд самая холодная Хи из созвездия Лебедя. Цвет ее темно-красный, а температура порядка 1600 градусов по шкале Кельвина. Наиболее же горячими оказываются ядра планетарных туманностей; судя по голубовато-белому цвету, температура их доходит до 100 тысяч градусов.

Но самой главной характеристикой и температуры, и физико-химического состояния звезд являются их спектры поглощения. Вид звездного спектра зависит от многих причин. Тут и различия физических свойств звездной атмосферы из-за разных температур и давлений, и различия в химическом составе, влияют на спектр магнитные и электрические поля звезды, скорость ее вращения и многие другие причины. Очень важно, конечно, разобраться, что, как, от чего и насколько зависит, увидеть все важнейшие характеристики звезды как на ладони. Звездные спектры оказывают в этом деле ученым неоценимую услугу.

Сначала казалось, что безбрежный звездный океан вообще не может быть классифицирован в человеческом понимании. Но постепенно выяснилось, что большинство звезд можно объединить в сравнительно немногое количество классов. Сейчас принята так называемая гарвардская спектральная классификация. В ней десять классов, обозначенных латинскими буквами: *O, B, A,* ***F,*** *G, K, M (N, R, S)*. Студенты, чтобы запомнить порядок следования спектральных классов, придумали мнемоническую фразу, действующую безотказно: «Один Бритый Англичанин Финики Жевал Как Морковь». Пройдут годы, можно забыть, чем отличается один спектральный класс от другого, но всегда при виде вышеуказанной последовательности букв магическая фраза вспыхивает в памяти, как огненные письмена на пиру валтасаровом. Правда, остаются еще три дополнительных класса холодных звезд *N, R, S,* но то ли на них фантазии не хватило, то ли слишком редко встречались они студентам на экзаменах. Скоро, однако, десяти классов оказалось мало. Пришлось каждый разбить еще на десять подклассов. Получилась длинная спектральная лесенка из сотни ступенек. Не все они заполнены равномерно. Есть пустые, а есть и такие, на которых как в автобусе в часы «пик».

Самые горячие звезды объединены в класс *O*. В следующих классах температура снижается.

В начале нашего столетия два астронома Эйнар Герцшпрунг в Дании и Г. Рессел, о котором мы уже говорили, независимо друг от друга составили любопытные зависимости. На диаграммах они отложили по горизонтальной оси спектральные классы, а по вертикали — светимости, или абсолютные звездные величины. Можно было ожидать, что все поле диаграммы равномерно засеется точками звезд. На деле же получилось совсем не так. Подавляющее большинство звезд расположилось длинным хвостом по диагонали от верхнего левого угла диаграммы к нижнему правому. Эту диагональ назвали главной последовательностью, на которой где-то в середине ее затерялось наше Солнце.

Прежде всего на диаграмме расположились сверхгиганты и яркие гиганты. В левой части главной последовательности собрались горячие голубые звезды. За ними по степени уменьшения температуры вправо и вниз расположились белые звезды, потом желтые карлики, ниже красные звезды, и, наконец, совсем уж тусклые красные карлики заняли нижний угол диаграммы.

Результаты этой работы вызвали в астрономическом мире прямо-таки ликование. Ну еще бы: ведь в те годы считалось, что главным источником энергии звезды является ее гравитационное сжатие. И диаграмма вроде бы подтверждала эту гипотезу. Сжимаясь, каждая звезда проходила все этапы эволюции: от протозвезды к мрачному багрово-красному сверхгиганту, потом, по мере дальнейшего разогрева, ее цвет становился желтым и звезда получала название желтого гиганта, после чего она становилась голубовато-белой, ослепительно яркой и горячей. С этого момента энергии сжатия на нагрев хватать переставало, и звезда, перейдя в разряд желтых карликов, начинала потихоньку остывать, становясь последовательно желтым карликом, красным карликом и в конце концов черным карликом. На этом жизненный путь звезды заканчивался!

Очень стройная гипотеза и диаграмма «Г—Р», как стали ее называть специалисты по именам создателей, весьма наглядно представляла этот путь. Разогреваясь, звезда двигалась в верхней части диаграммы справа налево, пока не достигала начала диагонали. Затем, в процессе остывания, начинала скользить по главной

последовательности вниз. Тут все находило объяснение; даже незначительный разброс масс. Действительно, если все стадии развития проходила одна и та же звезда, то не мудрено, что массы сверхгигантов немногим отличаются от масс карликов. Не то что объемы звезд, или их плотности...

Однако любая гипотеза хороша, пока не высказана вслух. Скоро обнаружилось, что существует немало звезд, не влезающих в главную последовательность. Диаграмма «Г—Р» распалась на ряд иных последовательностей. А там и эволюция звезд оказалась куда сложнее, чем спокойное сжатие и скольжение по главной последовательности от тепла к холоду. Звезды, сидящие совсем рядом на диагонали, вопреки ожиданиям не обнаруживали никаких родственных черт. Тут были и старые, заслуженные ветераны неба и молодые, недавно образовавшиеся светила. Потом А. Эддингтон, исполненный самых лучших намерений, решил хоть как-то рассчитать соотношение «масса — светимость». И пришел к неожиданному выводу, что карлики в принципе могут быть горячее гигантов.

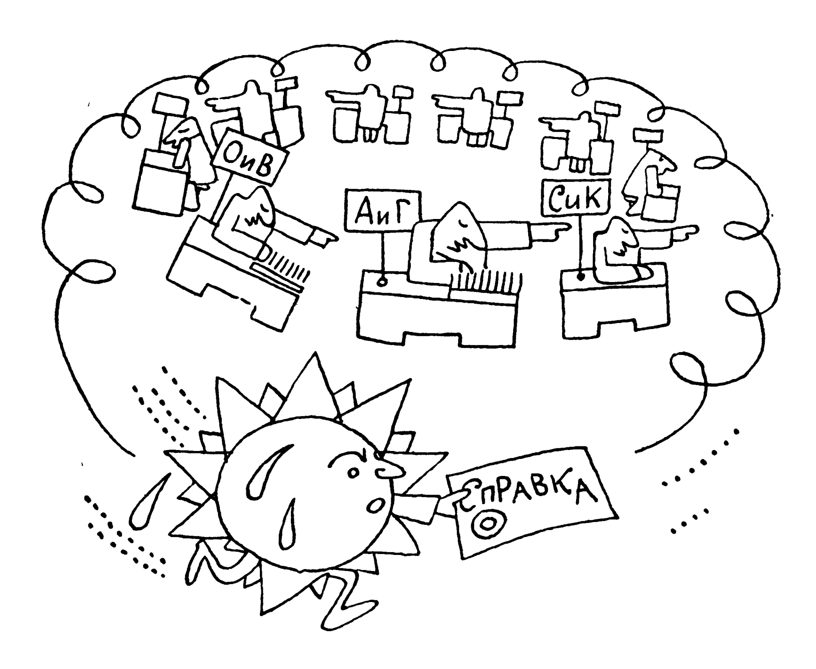
В общем, что ни год, то все новые и новые несоответствия гипотезы «скользящей эволюции» лишали астрономов покоя. В конце концов от нее пришлось отказаться. Но диаграмма-то «Г—Р» была построена по данным наблюдения! И поэтому она осталась. Мало того, она по-прежнему играет чрезвычайно важную роль в астрофизике, став даже богаче содержанием и... увы, сложнее. Читатель сам увидит, как ее призрак будет стоять за многими рассуждениями, которые ожидают его в последующих разделах нашей книги Нет, в науке, как в образцовом хозяйстве, ничто не пропадает бесследно. Можете поверить.

## КЛАССИЧЕСКОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ЗВЕЗДНОЙ КОСМОГОНИИ

В середине XX века специалисты по звездной астрономии разработали более или менее надежные способы оценки возрастов отдельных скоплений. Началась новая жизнь и у диаграммы «Г—Р». Астрономы стали строить ее не для всех звезд, скажем, Галактики, сразу, а для отдельных скоплений, в которые входят звезды-ровесники. Это дало множество интересных сведений.

К нашим дням все звездное множество, входящее в Галактику, астрономы разбили на пять основных типов звездного населения.

Крайнее население первого типа объединяет самые горячие звезды спектральных классов *O* и *B*, а также очень молодые галактические скопления и ассоциации. Сюда же относится и такой строительный материал, как космическая пыль и межзвездный нейтральный водород. В следующую группу населения того же первого




типа входят обычные звезды спектральных классов *A* и *F*, красные сверхгиганты и галактические скопления. И наконец, последняя, третья, группа населения первого типа объединяет старые звезды главной последовательности и гиганты спектральных классов *G* и *K*.

Население второго типа разделено на две группы. Первая объединяет белые карлики, а также многие типы переменных звезд. Вторая — это имеющие почтенный возраст шаровые скопления и субкарлики.

Уже по одному виду приведенной классификации можно догадаться о схеме эволюции звезд, которой при-

держиваются ее авторы. Они явно исходят из того, что все молодые скопления и ассоциации соседствуют с большими массами строительного материала: пыли и газа. Эти астрономы являются сторонниками классических гипотез, утверждающих образование звезд «из газопылевых комплексов путем конденсации рассеянного вещества». Гипотезы эти разработаны достаточно подробно и отличаются лишь силами да механизмами действия тех сил, которым их авторы отдают предпочтение.

Говоря о классическом направлении звездной космогонии, важно отметить, что весь процесс рождения нового светила можно разделить на два этапа. Первый — сжатие и переход от газопылевого облака к протозвезде. И второй — включение в ее недрах термоядерных источников энергии. Но прежде всего нужно решить вопрос — почему бы это вдруг облаку, состоящему из рассеянных частиц пыли и газа, перейти в неустойчивое состояние и начать сжиматься?

Изучением условий устойчивости небесных тел занимался в свое время небезызвестный уже нам Дж. Джинс. Он был крупным физиком-теоретиком, интересующимся, в частности, вопросами излучения и кинетической теорией газов. И можно смело сказать, что именно успехи в физике заложили фундамент его будущих астрономических работ.

Из условий существования разреженной газовой туманности в межзвездной среде нетрудно сделать вывод, что есть три возможности. Первая: сохраняя равновесие, оставаться в неизменном состоянии. Вторая — рассеяться в пространстве. И третья — начать сжиматься. Все зависит от того, что больше: собственное (тепловое) движение молекул, создающее внутреннее давление, которое стремится разогнать и рассеять туманность, или суммарное притяжение всей массы вещества.

Дж. Джинс, используя свои знания в области газовой динамики, сумел вывести математический критерий неустойчивости таких туманностей. Требования оказались достаточно жесткими. Чтобы газовая туманность в межзвездном пространстве начала сжиматься, масса ее при определенной плотности должна быть примерно в тысячу раз больше солнечной. Только тогда силы тяготения в ней станут превышать газовое давление. Читатель вправе возразить: звезд с такими массами не бывает. Сколько раз мы говорили, что даже самые массив-

ные могут быть ненамного тяжелее Солнца. А может быть, облако, сжимаясь, запасает материал сразу на целую ассоциацию звезд?

Попробуем представить себе, как это происходит. Гигантский газопылевой комплекс сжимается сначала как единое целое. По мере загустевания критерий неустойчивости начинает выполняться и для отдельных его частей. И тогда первоначальная туманность дробится. После чего каждая часть продолжает сжиматься отдельно и вполне самостоятельно образует свою протозвезду.

Теперь давайте выберем одно из сгущений, близкое по массе к тому, из которого могло некогда образоваться Солнце, и проследим за его эволюцией дальше. Подобную задачу решали многие теоретики. И целый ряд ее этапов подробно рассчитан.

Прежде всего, что представляет собой выбранная нами часть сжимающейся пылевой туманности? Масса ее должна быть близка к солнечной. Значит, при нормальной плотности она будет иметь радиус порядка десятых долей парсека. Математически его можно записать так: 1 парсек = 3,26 светового года = $3,083 \cdot 10^{13}$ километров, следовательно, одна десятая парсека равна 3 083 000 000 000 километров.

Для дальнейшего сжатия туманности нужно, чтобы давление тяготения и в некоторой степени давление окружающего газа продолжало оставаться выше собственного внутреннего давления, вызванного тепловым движением частиц. Тогда через некоторое время туманность достигнет критической плотности и перейдет в следующую категорию — в протозвезду. Температура газа должна бы при этом повышаться, но теоретики утверждают, что она остается примерно постоянной из-за сильного охлаждения межзвездной средой.

Это очень грустное обстоятельство, потому что темное, холодное, сжимающееся облако почти ничем не выдает своего существования в глубинах вселенной. Наиболее интенсивным в этот период может быть инфракрасное излучение линии молекул водорода. Но, как назло, именно оно не доходит до земных наблюдателей, поглощаясь атмосферой Земли. Придется подождать постройки астрономической обсерватории на Луне. Или поискать другого подтверждения предполагаемых ранних фаз сжатия. Вот, например, несколько лет назад

радиоастрономы обнаружили непонятное излучение с длиной волны 18,3 сантиметра. Откуда оно приходит на Землю? Чем порождается? Дело в том, что, уловив радиоволны любой частоты из космоса, исследователи в конце концов находят их источники. А тут, как ни бились, как ни искали, — ничего! В полном отчаянии кто-то из особенно эмоциональных радиоастрономов предложил назвать это излучение «мистериум». Но делу это не помогло. И вдруг советский астрофизик И. Шкловский, известный своей способностью к генерированию самых невероятных гипотез, предположил, что это и есть как раз излучение в линии двухатомной молекулы гидроксила (ОН), которое дают сжимающиеся протозвезды. Интересное предположение. Но насколько успешно удалось на этот раз пристроить «бесхозные радиоволны», покажет будущее. Если эта идея подтвердится, стоит признать, что она была блестящей.

Итак, протозвезда готова! На этом условимся считать, что начальный этап сжатия газопылевого облака закончился.

После прохождения состояния критической плотности процесс сжатия ускоряется. Через некоторое время он уже идет со скоростью свободно падающего тела. Пыль и газ наперегонки мчатся к центру сгущения. А дорога до него не близкая. Помните, мы говорили о радиусе облака...

Слово опять берут математики. Они подсчитали, что протозвезде с массой Солнца нужно примерно 200 тысяч лет, чтобы сконцентрироваться в небесное тело требуемой «звездной» плотности. Во время такого интенсивного сжатия освобождается много гравитационной энергии. Пыль и газ за ее счет разогреваются, и сжимающаяся протозвезда излучает все больше и больше электромагнитных волн, правда, пока все в том же невидимом инфракрасном диапазоне.

Постепенно в центре протозвезды пыль начинает плавиться. Молекулы газа распадаются на атомы. Атомы ионизируются. Вещество протозвезды переходит в состояние плазмы. И как только освобождающейся гравитационной энергии становится достаточно, чтобы нагреть и превратить в плазменный шар всю протозвезду, бурное устремление вещества к центру прекращается. Происходит одна-другая короткие вспышки яркостью в тысячу Солнц, и протозвезда снова темнеет.

На этом этапе согласно теории японского физика Ч. Хаяши протозвезда бурно «кипит», как кастрюля с космическим супом, разогревая свои недра. И лишь когда температура в центре достигнет этак примерно миллионов восьми градусов, «включаются» термоядерные реакции. С этого момента протозвезда, как говорят специалисты, «садится» на главную последовательность и начинает жизнь нормальной звезды.

После того как протозвезда превратилась в звезду, жизнь ее идет веселее. Процессы, происходящие в недрах звезд, сложны и зависят, конечно, от многих факторов, но от массы они зависят, пожалуй, прежде всего. Нам с вами проще, мы остановились на рассмотрении обычной звезды, звезды солнечного типа. Проще и интереснее потому, что судьба Солнца наверняка должна интересовать и волновать нас значительно больше, чем судьба, скажем, какой-нибудь Даби или «Счастье убийцы», как некогда называли Бету из созвездия Козерога, удаленную от нас на расстояние едва ли не двухсот пятидесяти световых лет.

С началом термоядерных реакций в звезде начинается «выгорание» водорода в протонных реакциях. При этом можно считать, что радиус светила и его светимость остаются постоянными достаточно продолжительное время. Это большое счастье. За этот срок возле одного из известных нам небесных тел, именно Солнца, зародилась жизнь и даже достигла коекаких успехов в своем развитии. И впереди у человечества еще есть время для процветания. По данным современной науки, наша вселенная существует, по крайней мере, 10 миллиардов лет. И за этот срок даже самые старые звезды, меньшей массы, чем Солнце, не «выжгли» еще всего водорода из своих недр. Но в конце концов это, к сожалению, произойдет. К этой далекой поре температура в недрах Солнца, по расчетам Э. Эпика, возрастет до 400 миллионов градусов. Вид реакций в его ядре сменится, и светило наше может вспыхнуть. Хотя может и не вспыхнуть.

Дальнейший ход эволюции представляет для нас меньший интерес. После того как запасы «горючего» кончатся, термоядерные процессы прекратятся, звезда снова начнет сжиматься и будет это делать до тех пор, пока не превратится в железный белый карлик. Белый карлик медленно остынет, проходя последовательно

стадии красного карлика, инфракрасного и, наконец, черного карлика. Вот тогда наступит полный конец. Все!

Конечно, в приведенной картине образования звезды из диффузной материи не все обстоит гладко. Например, по данным наблюдений в Галактике очень мало водорода: всего около 2 процентов общей массы. А теория считает, что звезды произошли именно из этого популярного газа. При наличии же такого мизерного количества строительного материала в Галактике всякое звездообразование должно бы давно закончиться. Между тем те же наблюдения говорят, что в нашей системе немало молодых и очень горячих голубых гигантов и сверхгигантов. В то же время надо признаться, что нигде, ни в одном уголке Галактики, астрономы никак не могут обнаружить ни единой протозвезды. А если оные образуются из газа, то вполне законно было бы ожидать их среди звездной молодежи в ассоциациях...

Увы, все, что было обнаружено до сих пор в этом плане, оказывалось желаемым, которое принималось за действительное. Не совпадает и спокойный характер концентрации газа в протозвезду с наблюдаемыми взрывами, сопровождаемыми могучими выбросами материи, которые обнаружили астрономы в ядрах галактик.

И наконец, большим недостатком рассмотренной гипотезы, недостатком, который признается даже всеми ее сторонниками, является то, что, даже объяснив удовлетворительно некоторые из имеющихся фактов, она не сумела пока предсказать ни одного нового открытия. А их в последние годы было сделано немало. С гипотезой, претендующей на переход в ранг теории, таких конфузов случаться не должно...

В 1946 послевоенном году недалеко от Еревана на склоне годы Арагац началось строительство Бюраканской астрофизической обсерватории. Под ее куполами собрался коллектив талантливых и увлеченных молодых людей, руководителем которых стал В. Амбарцумян. И там, продолжая свои исследования горячих звезд-гигантов ранних спектральных классов *O* и *B*, а также переменных звезд-карликов типа *T* из созвездия Тельца, В. Амбарцумян заметил, что молодые звезды располагаются вовсе не хаотично, а имеют некоторую

тенденцию к скучиванию. Бюраканцы назвали новые коллективы *О*-ассоциациями и *Т*-ассоциациями.

Но вот что было странно. Ассоциации занимали такой большой объем пространства, что силы взаимного тяготения между их членами должны были быть очень слабыми. Одновременно собственные скорости движений звезд оказались такими большими, что им достаточно было бы всего нескольких сотен тысячелетий или миллионов лет, чтобы вообще выйти из такого коллектива.

А теперь попробуем вслед за В. Амбарцумяном сделать некоторые выводы. Не кажется ли вам, что приведенные факты говорят о том, что подобные союзы — образования недавние и, с точки зрения галактической, весьма кратковременные? А тот факт, что состоят такие ассоциации из молодых очень горячих звезд часто двойных и кратных систем, не наводит ли на мысль, что все они недавно родились тесной группой, а теперь стремятся разлететься из родного гнезда, но пока еще не успели этого сделать? И наконец, коль скоро они стремятся разлететься, то не участвовала ли при их рождении какая-то сила, сообщившая им начальную скорость, достаточную, чтобы преодолеть Ньютоновы силы притяжения?..

Вывод напрашивается не один. И каждый носит буквально революционный характер, потому что в корне противоречит устоявшейся классической точке зрения.

Во-первых, вопреки представлению о древности всех звезд получается, что часть из них рождается и сегодня. А во-вторых, что рождаются звезды не в одиночку, а группами и целыми коллективами.

Докладывая в 1947 году на общем собрании Академии наук СССР результаты этих исследований, В. Амбарцумян поставил и главный вопрос: из чего же образуются все эти молодые звезды и как идет процесс коллективного звездообразования?

Можно было, конечно, предположить существование больших темных дозвездных облаков диффузной материи и попытаться представить грандиозное действо рождения звезд в рамках классического направления. Но то, о чем говорил с трибуны молодой член-корреспондент АН СССР, не имело ничего общего с классикой. Он предполагал, что в глубинах вселенной существуют сверхплотные тела, которые делятся на части, образуя звездные ассоциации обнаруженного типа.

В 1950 году В. Амбарцумян и Б. Маркарян за открытие звездных ассоциаций описанного типа получили Государственную премию.

Высказанная ими гипотеза породила лавину критики. Известный специалист по физике звезд и туманностей московский астроном Б. Воронцов-Вельяминов подверг сомнению вообще существование ассоциаций молодых небесных тел. Он считал, что полосы темной пыли и газа в Галактике просто скрывают от нас часть далеких звезд-гигантов, оставляя в промежутках своеобразные «коридоры видимости». И то, что дано нам увидеть в этих «коридорах», бюраканцы принимают за «рассеянные ассоциации». Свои сомнения Б. Воронцов-Вельяминов основывал на довольно значительном количестве ошибок, обнаруженных им в предварительных результатах бюраканских астрономов. Страсти накалялись. Обе позиции обросли сторонниками. Настала пора большой открытой дискуссии. И она состоялась в мае 1952 года в Москве на Втором совещании по вопросам космогонии.

Основной тезис противников нового взгляда заключался в том, что никто из астрономов нигде не видел сверхплотных тел, из которых должны, как то считает В. Амбарцумян, образовываться звезды. Но ведь, несмотря на признанность классической гипотезы, описать туманность, в недрах которой видны зарождающиеся светила, ее сторонники тоже не могли!

Многие участники совещания воспользовались возможностью рассказать об итогах своих исследований, в результате чего астрономы познакомились с интересной теорией образования звезд из диффузной материи, выдвинутой ленинградскими профессорами А. Лебединским и Л. Гуревичем. Академик В. Фесенков рассказал об исследованиях звездных цепочек, обнаруженных им с помощью великолепного нового телескопа, установленного на Алма-атинской обсерватории. Он наметил также возможный ход эволюции различных галактических туманностей, из которых, по его мнению, возникали звезды.

На совещании выступили многие специалисты. И в конце концов идеи, которые защищал В. Амбарцумян, победили. Большинство участников согласились с существованием звездных ассоциаций. Однако в пылу полемики главный вопрос, ради которого была организована

дискуссия, то есть вопрос о происхождении звезд, оказался несколько оттесненным и забытым.

В принятом решении была признана «плодотворность представления о том, что процесс группового звездообразования продолжается и в настоящее время».

## НОВЫЕ МЕХИ ДЛЯ НОВОГО ВИНА

Еще в библейских заповедях говорилось, что не след использовать старые мехи для молодого вина — скиснет. Века придали этому ценному хозяйственному совету более глубокое содержание. Попробуем и мы приспособить его для наших целей.

Помните, мы говорили об открытии В. Амбарцумяном рассеянных звездных ассоциаций, состоящих из очень молодых звезд, которые изо всех сил стремятся убежать из своей первоначальной компании? А не задумались ли вы, почему они стремятся это сделать? Ведь ежели образуются они путем конденсации диффузного вещества, то, рождаясь дружным коллективом, они должны непременно образовывать устойчивые системы. Чего им тогда разлетаться в разные стороны?

Новая астрономическая техника позволила наблюдателям проникнуть чрезвычайно далеко в глубины вселенной. И то, что виделось раньше смутно и неотчетливо, новые инструменты позволяли разглядеть достаточно ясно. Если раньше наша Галактика, как и прочие галактики, представлялась спокойным, постоянным образованием, то новые методы исследования рассеяли эту иллюзию. Во всех уголках метагалактики происходят бурные процессы. Развитие идет по ступенькам взрывов и невероятной силы катастроф. Неожиданно вспыхивают на небе новые звезды. Этот термин — новые звезды — астрономы-наблюдатели придумали не зря. Кажется, еще вчера на данном участке неба не было ничего примечательного, а сегодня там вдруг проклюнулась яркая точка. Проходит немного времени, и «новая» достигает светимости самых мощных сверхгигантов. А потом также вдруг начинает слабеть. В максимуме светимость звезды вырастает в сотни тысяч раз. А ведь это взрыв! Да еще какой! За короткое время взрыва «новой» — в течение всего нескольких дней — выделяется такая энергия, которую наше Солнце излучает за десять, а то и за сто тысяч лет.

Но еще грандиознее взрывы «сверхновых». Правда, это не столь частое с человеческой точки зрения явление. Последнюю такую вспышку в нашей Галактике, пожалуй, наблюдал Иоганн Кеплер в 1604 году, еще до изобретения телескопа. «Сверхновая» Кеплера была видна даже днем при солнечном свете. И ее светимость оценивается в миллиарды раз больше солнечной и лишь немногим меньше светимости целой галактики. Это был взрыв сверхграндиозный. По статистике астронома Ф. Цвикки, подобные взрывы должны происходить в галактиках примерно один раз за триста-четыреста лет. Если сравнить время жизни галактики со сроком человека, то такие вспышки словно галактический пульс или удары галактического сердца. Многозначительная, хотя и явно антропоцентрическая аналогия.

Но этими взрывами грандиозные катаклизмы во вселенной не исчерпываются. В ядрах галактик происходят непонятные пока нам взрывоподобные процессы, сопровождающиеся выделением колоссальных количеств энергии и выбросами вещества. Так, может быть, взрывы — нормальное явление развития в космосе? Так сказать, скачкообразный переход из одного качественного состояния в другое, в соответствии с диалектическим законом развития?

Если это так, то естественное объяснение получают и распадающиеся ассоциации молодых звезд. Надо только найти тот космический заряд, который служит источником взрыва, раскидывающего их. И В. Амбарцумян создает гипотезу образования звездных систем из невидимых сверхплотных скоплений материи, которые он называет «Д-телами». Так родилась новая космогоническая гипотеза, в самой основе своей противоположная классическому направлению.

«Новые мехи» были скроены настолько необычно, что ошеломленные космогонисты вначале дружно встретили их в штыки. Сторонники В. Амбарцумяна утешались тем, что еще никогда в истории науки не было случая, чтобы новый шаг можно было сделать легко и без сопротивления ортодоксов. Это тоже один из великих законов, помогающий сохранять накопленное богатство знания. Представьте себе, что было бы, если бы любое научное утверждение тут же принималось бы человечеством на веру?

Вокруг В. Амбарцумяна сплотился работоспособный

коллектив единомышленников. В Бюраканской обсерватории возникла целая школа нового направления, школа, перед которой стояли сложные задачи. Ведь все, буквально все стремились уколоть их тем, что они одно неизвестное пытаются объяснить другим неизвестным. Как же, ведь гипотетических сверхплотных «Д-тел» никто никогда не видел. Не существовало и косвенных подтверждений хотя бы возможности существования подобных образований. Высказывались сомнения, что материя вообще может находиться в требуемом сверхплотном состоянии. Молодым бюраканским астрофизикам предстояла нелегкая борьба. Каждое слово, каждое утверждение и вывод нужно было обосновывать, снабжать подходящей теорией, подтверждать наблюдениями...

То обстоятельство, что никто в глаза не видел также и формирования звезд из диффузной материи путем концентрации, противниками во внимание не принималось. То была привычная точка зрения; и, чтобы спорить с нею, нужны были факты и еще факты, а не умозрительные рассуждения о невидимых, а может быть, и несуществующих сверхплотных телах.

Впрочем, некоторый опыт общения со сверхплотным состоянием вещества у астрономов уже был. Начал его Фридрих Бессель. Еще в 1844 году, наблюдая движение Сириуса, он пришел к выводу, что вокруг яркого гиганта должен непременно крутиться невидимый спутник, причем достаточно массивный, потому что в движениях яркой звезды наблюдались определенные неравенства. Однако наблюдатели никакого спутника возле Сириуса не находили. И лишь 18 лет спустя, когда оптик и астроном Альвен Кларк испытывал только что отшлифованный новый объектив на своем телескопе, он увидел рядом с Сириусом едва заметную в его сиянии крохотную блестку. То был Бесселев «Сириус В», или «Щенок», как называли его некоторые астрономы. Достаточно горячий «Сириус В» тем не менее излучал в 10 тысяч раз меньше света, чем сам Сириус, значит, и по размерам он должен был быть тоже во много раз меньше. Но масса «Щенка» отличалась лишь вдвое от массы основного светила. Вывод мог быть один — вещество «Сириуса В» обязано было быть тяжелее, то есть плотнее звездного вещества самого Сириуса. Так оно и оказалось. И в истории астрономии был открыт первый

белый карлик — звезда, состоящая из вещества повышенной плотности.

Прошло время, и белых карликов обнаружили так много, что они образовали целый специальный класс звезд. Теоретики разработали подходящую теорию, вывели условия, при которых белые карлики могли существовать и находиться в равновесии, разработали физику образования уплотненного вещества. Чего не сделаешь на бумаге, если этого требуют наблюдения. По всем данным, звездное вещество белых карликов вроде бы не должно было подчиняться уравнению газового состояния, выведенному еще Б. Клапейроном в 1834 году. В 1874 году оно было обобщено Д. Менделеевым и с тех пор играет существенную роль при расчетах моделей звезд. Пользоваться уравнением газового состояния можно, когда газы достаточно разрежены. Но это совершенно неприменимо к сверхплотному состоянию белых карликов. Из чего же могли состоять эти удивительные сгустки материи, и в каком фазовом состоянии должно находиться их вещество?

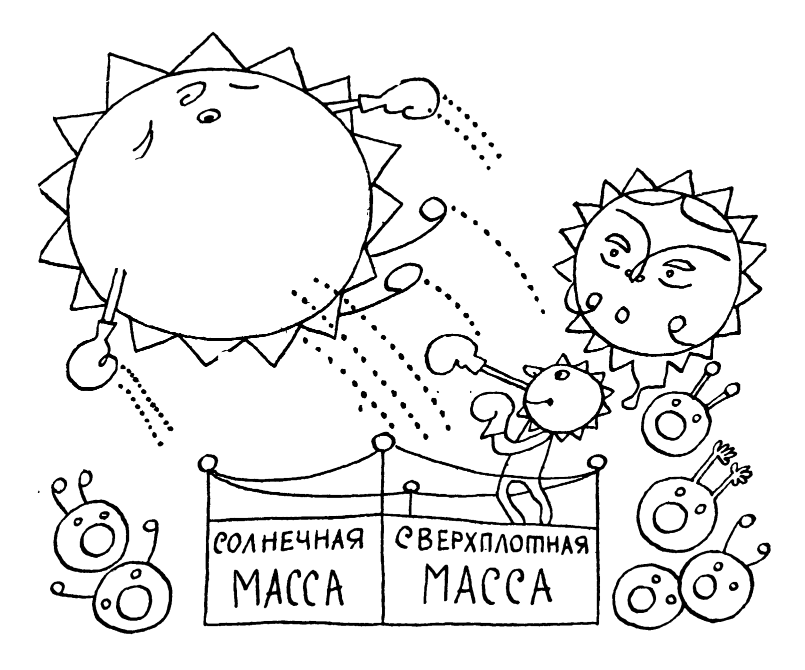
Попробуем порассуждать. Температура поверхности белых карликов достигает 10 тысяч градусов. Внутри она наверняка выше. Значит, ни твердыми, ни жидкими они быть не могут. Газообразными? Но плотность вещества в недрах этих звезд такова, что в земных условиях наперсток, наполненный аналогичным конгломератом, весил бы сотни, а то и тысячи тонн! Плотность же самых плотных твердых и жидких тел, известных человеку, не превышает двадцати граммов на кубический сантиметр.

В 1926 году английский физик Р. Фаулер вывел все-таки теоретически условия, при которых могла существовать огромная плотность вещества белых карликов. Всем стало легче. Р. Фаулер предположил, что недра этого типа звезд находятся в состоянии «вырожденного газа», когда атомы разрушены, электроны отделены от ядер и расстояния между центрами атомных ядер в несколько десятков раз меньше, чем в обычных жидких и твердых телах. Такое вещество должно иметь совершенно особые свойства.

Давайте-ка вспомним физику. Почему газ в обычном состоянии имеет малую плотность? Да потому, что его атомы свободно двигаются в пространстве. Расстояния между ними больше размеров самих атомов. В жидких и твердых веществах картина другая. Там

пухлые за счет своих электронных оболочек атомы соприкасаются. И чем теснее их «упаковка», тем выше плотность. В веществе белого карлика ядра оголены, электронные оболочки с них сорваны. Но расстояния между ними все еще значительно больше размеров самих ядер. А это признак газа. Ну, не совсем, конечно, обычного газа, но потому его и назвали «вырожденным»...

Несколько лет спустя советские физики Л. Ландау




и Я. Френкель независимо друг от друга пришли к выводу, что не каждая звезда может обратиться в белый карлик, а лишь та, масса которой превышает солнечную не больше, чем на 40 процентов. Затем советский физик М. Бронштейн и индиец С. Чандрасекар, работавший в США, заложили основы общей теории белых карликов. Астрофизик С. Каплан в СССР решил задачу о наиболее вероятных плотностях таких звезд. Оказалось, что белые карлики весьма разнообразны. Плотность их, а соответственно и радиус зависят от предполагаемого химического состава. Например, если белый карлик со-

стоит в основном из гелия, наибольшая плотность его будет равняться «всего» тысяче тонн на кубический сантиметр. Такое небесное тело может иметь среднепланетные размеры. А вот если большая часть белого карлика состоит, скажем, из ядер железа, его предельная плотность повышается раз в 20, а радиус становится меньше радиуса Земли (порядка тысячи километров).

Но и это не пределы возможного. Теория допускала, что в космосе могут встречаться условия, при которых плотность сжимающихся звезд перешагнет за пределы самых плотных белых карликов. Это случится, когда оголенные ядра «вырожденного газа» начнут поглощать электроны, превращая свои протоны в нейтроны. Нейтральным частицам ничто не мешает «упаковаться» еще компактнее вплоть до соприкосновения. При этом звезда резко сжимается и плотность ее вещества возрастает до сотен миллионов тонн на кубический сантиметр.

Сначала нейтронные звезды были просто «придуманы» теоретиками. Представление о них родилось в головах астрономов В. Бааде и Ф. Цвикки в 1934 году. Затем Л. Ландау и В. Хунд подвели под их предположительное существование теоретическую базу. А Р. Оппенгеймер и К. Волков рассчитали первую модель. Получалось, что образовываться нейтронные звезды могут в результате взрывов «сверхновых». В этом случае часть газовой оболочки звезды срывается силами взрыва и улетает прочь, а остаток вещества в конце эволюции съеживается до плотности, сравнимой с плотностью атомного ядра. Но массы нейтронных звезд так же, как и массы белых карликов, могут лишь ненамного отличаться от массы Солнца. А радиусы их становятся равными 30, а то и 10 километрам... Чудовищные химеры звездного мира! Но существуют ли они на самом деле? Нафантазировать, даже с помощью математики, ведь можно что угодно. Задача науки — ограничить человеческую фантазию рамками законов природы.

До самого последнего времени было предпринято немало попыток приписать свойства нейтронных звезд то одним, то другим обнаруженным небесным объектам. Все эти старания отличались неуверенностью и кончались неудачами. Но вот в конце 60-х годов астрономический мир испытал потрясение ни с чем не сравнимое: были открыты пульсары — радиоисточники, за доли

секунды меняющие свое излучение, работающие как бы в импульсном режиме. Споры о природе новых объектов, теории их строения, гипотезы об их происхождении фейерверком вспыхнули среди специалистов. И не прошло и трех лет, как все или почти все согласились считать пульсары вращающимися нейтронными звездами.

После яростных дискуссий, прошедших в довольно быстром темпе, специалисты согласились считать моделями пульсаров некие устройства, напоминающие вращающиеся радиопрожекторы. На поверхности таких звезд предполагается существование активных областей, излучающих строго направленные радиоволны. Через определенный период, равный, скажем, времени оборота вокруг своей оси, луч такого прожектора «чиркает» по Земле. И тогда радиоастрономы принимают от него импульс радиоизлучения. Впрочем, с чего бы это звезде представлять собой «прожектор»? Не проще ли по традиции предположить, что шар должен излучать во все стороны одинаково, а судорожные вспышки радиоизлучения приписать пульсациям, в принципе аналогичным уже известным процессам такого рода?

Замечаете, мы уже не подвергаем сомнению существование этих странных объектов, мы уже вполне поделовому обсуждаем их возможное строение...

Существует мнение, что и та и другая модели имеют право на существование. Более того, не исключено, что к некоторым пульсарам применимы сразу обе модели вместе, в комбинации.

А нельзя ли представить себе дальнейшее повышение плотности звездного вещества за пределы нейтронного состояния? Этой проблемой в теоретическом плане занялись В. Амбарцумян и Г. Саакян. Они установили, что при дальнейшем повышении плотности нейтронное вещество должно перейти в новое, барионное состояние. То есть раздавленные нейтроны и протоны должны частично перейти в неустойчивое состояние гиперонов — самых тяжелых из известных в настоящее время элементарных частиц. Гипероны очень неустойчивы. В нормальных условиях время их жизни — миллиардные доли секунды. Но мы и не ожидаем, что в недрах сжавшейся звезды условия нормальные. Отнюдь! Условия там таковы, что образовавшимся гиперонам просто некуда распадаться. В результате в центре они начинают накапливаться, образуя гиперонное ядро. Мо-

дель такой звезды можно представить себе состоящей из нескольких слоев. Внутренняя часть — гиперонное ядро, в котором могут попадаться и другие тяжелые частицы. Здесь сосредоточена основная масса звезды. Затем идет следующий — нейтронный — слой, состоящий, как читатель, наверное, уже догадался, из нейтронов. Он средней толщины, и масса его «незначительна». И последний — наружный — слой, даже, можно сказать, не слой, а тоненькая пленка, состоящая из «голых» ободранных ядер и электронов, пленка, состоящая из вещества белых карликов.

Гигантское внутреннее давление в гиперонных звездах уравновешивается не менее чудовищными силами гравитационного сжатия. При этом любое нарушение равновесия звезды должно приводить к такому взрыву, рядом с которым вянут лавры даже взрывов «сверхновых».

Вот как хорошо все получилось. Сторонники новой концепции готовы были торжествовать. Ясно, что гиперонные звезды — это и есть таинственные «Д-тела», из которых при взрывах рождаются целые коллективы звезд...

Ясно, да не совсем. Разработанная теория позволяла переходить в барионное состояние звездам, массы которых также порядка солнечной. Более массивные образования в сверхплотное состояние не имели права переходить. Получался прямо заколдованный круг. Ведь таких масс было явно недостаточно, чтобы из них могли родиться целые звездные коллективы.

## «ЧЕРНЫЕ» И «БЕЛЫЕ ДЫРЫ» ВСЕЛЕННОЙ

В марте 1974 года в Государственном астрономическом институте имени П. Н. Лебедева АН СССР появилось у входа любопытное объявление. На объединенном семинаре должен был читаться доклад под названием «Взрываются ли «белые дыры»?». Научный авторитет докладчиков Я. Зельдовича, И. Новикова и А. Старобинского и необычность темы привлекли внимание многих.

Вообще в появлении таких странных и «ненаучных» терминов, как «черные» и «белые дыры», виноваты прежде всего космологи. Некогда, разрабатывая гипотезу «Большого Взрыва», они первыми описали про-

цесс, в результате которого из «ничего» образовалось «все». В чем-то они даже конкурировали с господом богом. Правда, их «космологово ничего» имело бесконечную плотность в точке. У бога же «ничто» так и было «ничем».

Впрочем, о самом моменте превращения «ничего» в «что-то» космологи тоже предпочитают особенно не распространяться. Темное это дело, теоретическое... Основные их исследования касались того времени, когда вещество уже родилось и стало разлетаться в разные стороны, формируя нашу вселенную. Естественно предположить, что, разлетаясь, сгустки вещества должны слегка притормаживать друг друга силами взаимного притяжения. А значит, и скорость их движения должна постепенно падать.

Любое умозаключение должно подтверждаться расчетами. Посчитали и в данном случае. Получилась неприятность. Для торможения имеющихся галактик общая масса вещества во вселенной должна была быть раз в десять больше той, которая получается, если сложить всю наблюдаемую материю: и галактики, и газовые облака туманностей, и даже массу частиц космических лучей. Все вместе дает всего 10 процентов требуемой массы. А откуда же брать остальные 90 процентов? Тут-то и пришли на помощь «черные дыры». Раз их не видно, то почему бы не свалить на них ответственность за недостачу массы во вселенной?

Вообще надо сказать, что эти придуманные еще в 1939 году теоретические, гипотетические и какие угодно еще, только не реальные, объекты оказались сущим кладом для астрономии. Однако серьезные наблюдатели относились к ним всегда скептически. И вдруг... Впрочем, сначала что они собой представляют.

Рассматривая процесс коллапса — неудержимого сжатия звезды в конце эволюционного цикла, когда все водородное горючее истрачено, — теоретики пришли к любопытным выводам. Мы уже говорили о том, что нормальные звезды с массой порядка солнечной могут сжаться до плотности атомного ядра и превратиться в нейтронные сгустки. Это тоже сначала было предположением, но потом открыли пульсары. Исследуя процесс сжатия дальше, теоретики установили, что звезды с массой, превосходящей Солнце раз в пять, десять и больше, сжимаются неограниченно, то есть коллапсируют, пре-

вращаясь в «черную дыру». При этом, несмотря на резкое сокращение радиуса, масса звезды остается прежней. И вы представляете, как изменяются условия возле такого съежившегося до крохотного объема гигантского шара вещества?

Если размеры тела становятся меньше так называемого гравитационного радиуса — величины, зависящей от массы звезды и скорости света, — то для внешнего наблюдателя оно исчезает из глаз. Чтобы читатель смог представить себе более наглядно эту величину, достаточно сказать, что для Солнца с радиусом фотосферы примерно $7 \cdot 10^5$ километров гравитационный радиус всего 3 километра.

У сколлапсировавшего объекта градиент, или мера возрастания гравитации на границе, очерченной этим радиусом, становится настолько велик, что никакому излучению не пробиться сквозь него. Завернутые силами взбесившейся гравитации частицы и лучи, едва покинув поверхность, тут же падают обратно, не вынося за пределы гравитационного радиуса никакой привычной нам информации. Ни фотонам видимого света, ни инфра-, ни ультра-, ни радио-, ни рентгено-, ни гамма-лучам не пробиться сквозь такой барьер. Для внешнего наблюдателя светило просто как бы исчезает. И лишь принадлежащие ему печальные планеты, кометы и астероиды продолжают обращаться в непроглядной тьме по прежним орбитам.

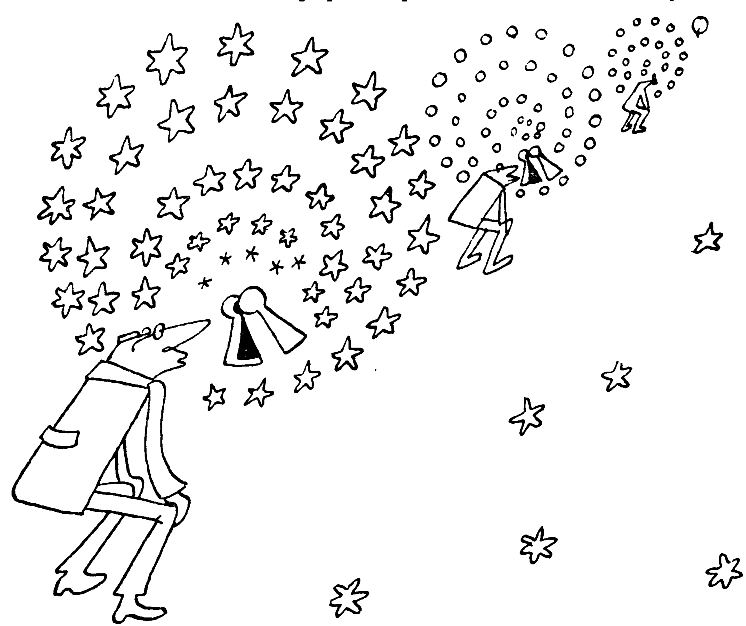
Исчезнуть-то оно исчезло, но только из виду. В принципе же оно осталось, и притяжение его на расстоянии не изменилось. Хотя в областях, близких к «черной дыре», все процессы описываются теперь не законами Ньютона, а общей теорией относительности. В этих областях меняются даже свойства пространства-времени: геометрия пространства нарушается, а время затормаживается. Получается действительно как бы дырка в пространстве-времени. Дырка, через которую теоретики и астрофизики тщатся заглянуть и выудить оттуда сведения о самых фундаментальных свойствах окружающего мира.

Надо сказать, что гипотеза «черных дыр» одинаково привлекательна и для сторонников старой, классической космогонии и для сторонников новой. Одни видят в них прекрасный пример заключительной эволюции звезд. Другие твердо считают, что существование «черных

дыр» — важнейшее доказательство существования сверхплотного состояния вещества, а следовательно, и справедливости новой точки зрения на образование звезд.

Представим себе, что условия равновесия кома вещества, спрессованного до плотности «черной дыры», нарушились, и он взорвался! Вы спросите: почему взорвался?

А кто его знает. Мы как-то уже говорили, что звезды склонны к такой форме проявления своего характе-



ра. Но, взрываясь, «черные дыры» превращаются в своих антиподов — в «белые дыры». И если до взрыва их можно было считать продуктом заключительной стадии эволюции, то после взрыва — это явно начало эволюции! Сверхплотное тело дает начало новым небесным объектам!

Может быть, именно здесь как раз и произойдет стыковка двух непримиримых сегодня космологических концепций?..

Лет десять тому назад профессор И. Новиков, рассматривая условия возникновения квазаров, предложил

такую гипотезу: когда произошел Большой Взрыв и наша вселенная стала расширяться из сверхплотного состояния, отдельные ее части не поспевали за общим темпом. По каким-то причинам они некоторое время оставались в первозданном виде и лишь много позже включились в общий ритм. Эти отдельные части, дожившие без малого до нашего времени, и являются квазарами, или особыми точками вселенной, так сказать, «разлетевшейся сингулярностью». Далекий наблюдатель, глядя на них, должен бы видеть в пространстве метагалактики скорее всего некие «черные дыры», которые по истечении определенного срока вдруг взрываются и превращаются в «дыры белые».

Согласитесь, что квазары и активные ядра галактик как нельзя лучше подходят в качестве «белых дыр». Однако первоначальная гипотеза И. Новикова не учитывала квантовых эффектов, сопровождавших рождение частиц, и посему не сводила концы с концами. И вот новый доклад, с которого мы начали этот раздел.

Докладчики вовсе не хвастались тем, что теперь-де нашли и учли все аспекты события. Уточнения теории привели к тому, что для «белых дыр» оказались равновозможными два крайних состояния: одно неустойчивое, а второе, наоборот, устойчивое абсолютно. Находясь в первом состоянии, «белая дыра» взрывается сразу, через стотысячную долю секунды после своего образования. Во втором случае она не взорвется никогда, оставаясь для наблюдателя вечной «черной дырой».

Правда, опыт здравого смысла учит, что, когда есть крайности, середина пустой не остается. Задержка взрыва на некоторое определенное время тоже возможна. Но пока, по расчетам, для этого должны сложиться настолько маловероятные начальные условия, что подобное явление должно встречаться в метагалактике исключительно редко. А квазаров и активных ядер галактик в обозримом пространстве немало. Значит?.. Значит, разрабатываемая для их объяснения теория опять недостаточна.

Вывод не слишком радостный для создателей теории, но вывод. И если он не подтвердится, не беда; в науке не редкость, когда отрицательный результат ценнее многих положительных.

Но существуют ли эти гипотетические объекты на самом деле? Пока все рассуждения не выходили за пределы теоретических предположений. Действительно, как же их искать, если они невидимы? Ну, во-первых, можно попробовать поискать некие «водовороты» космического газа, втягивающегося в черное «ничто». Приближаясь к «черной дыре», падающий на нее газ начнет излучать. Может быть, это будут радиоволны, а может быть, рентгеновские лучи? Обнаружить такое излучение, обшаривая небо, густо усыпанное звездами, — задача не из простых.

Есть и иной путь. Помните, как Ф. Бессель в свое время догадался о существовании невидимого спутника у Сириуса? А что было бы, будь вассал по массе больше своего сюзерена? Тогда яркий Сириус крутился бы вокруг невидимой точки, связанный с нею узами притяжения. Нам с Земли казалось бы, что он обращается вокруг пустого места.

Во вселенной множество двойных звезд. Не исключено, что между ними могут быть и такие пары, у которых одна из компонент — «черная дыра». Тогда нормальный спутник интересующего нас объекта должен непрерывно терять свое вещество, и оно будет течь к невидимому компаньону, закручиваться вокруг него, образуя диск. Трение газовых слоев разорвет диск, и он станет источником рентгеновского излучения. Кроме того, в газовом вихре по мере приближения к гравитационному радиусу нарастают магнитные поля. Заряженные частицы газовой плазмы в этих условиях ускоряются, а следовательно, начинают излучать переменные электромагнитные волны. Теоретики высчитали период этих колебаний. Он оказался лежащим в пределах десятитысячных долей секунды. Такие «черные дыры» назвали флуктуарами. Теперь осталось совсем немного — найти их на небе! Ситуация ничем не отличалась бы от той, когда мы собирались искать газовые «водовороты», если бы не вторая звезда пары.

Рентгеновские лучи от газового диска интенсивно обстреливают близко расположенную нормальную звезду, неравномерно разогревая один ее бок. На поверхности звезды появляется как бы «горячее пятно». А такой феномен можно углядеть и с Земли, пользуясь оптическими методами.

В последние годы теорией рентгеновских источников

и процессами излучения систем, содержащих в себе «черные дыры», занимались очень многие специалисты. Большой вклад внесли сотрудники Государственного астрономического института имени П. Штернберга. Существует мнение, что уж одну-то «черную дыру» астрономы нашли почти наверняка. В созвездии Лебедя наблюдается подозрительная пара, состоящая из нормальной звезды — сверхгиганта — и невидимого в оптических лучах компонента с массой порядка десяти солнечных. Сильное рентгеновское излучение, тесное расположение компаньонов и то обстоятельство, что спектр излучения во многом соответствует предсказанному теоретически, вдохновляют охотников за «черными дырами».

Пока стопроцентной гарантии, что поймана невидимка, нет. Но, судя по тому, как быстро меняется поток рентгеновских лучей, его источник должен весьма шустро вертеться вокруг своей оси. А это значит — он на редкость малых размеров. И при такой малости за каждую вспышку, которая и длится-то не больше тысячной доли секунды, в окружающее пространство выделяется энергии больше, чем при взрыве миллиарда водородных бомб. Именно такое сравнение приводят Я. Зельдович, И. Новиков и Р. Сюняев, рассказывая об исследованиях новых объектов.

Сегодня внимание специалистов разного профиля в разных странах приковано к поискам «черных дыр». Астрофизики надеются с их помощью глубже проникнуть в недра звезд и исследовать справедливость существующих законов и теорий. Физики-теоретики ждут от «черных дыр» подтверждения или опровержения своих предположений о свойствах пространства-времени в окрестностях этих феноменов. Космогонисты возлагают большие надежды на новые объекты, рассчитывая уточнить механизм происхождения звезд и решить многие споры принципиального характера. Новые небесные объекты — это физические лаборатории с уникальными условиями и возможностями. Смоделировать их на Земле невозможно. Поэтому надо во что бы то ни стало найти надежные способы получать от них ту информацию, которую они так щедро рассеивают в пространство. Вот почему в программах работ орбитальных станций такое важное место занимали и занимают наблюдения рентгеновских источников...

## ТАК КАК ЖЕ ВСЕ-ТАКИ РОЖДАЮТСЯ ЗВЕЗДЫ?

Рождение, эволюция и внутреннее строение звезд — вопросы, неразрывно связанные друг с другом. Это, пожалуй, самые крайние рубежи сегодняшней астрофизики, наиболее интересные и актуальные проблемы звездной науки. Читатель уже мог составить себе определенное мнение о сложности исследований мира звезд. Ведь, кроме множества кропотливых наблюдений, каждая модель требовала и требует такого непостижимого количества вычислений, которое не под силу не только одному человеку, но и целому коллективу отдельно взятого научного учреждения. Только эра быстродействующих электронно-вычислительных машин открыла новые горизонты для решения этой проблемы. Эволюция звезд состоит из цепи очень сложных процессов. Это представляли себе ученые даже первой половины нашего столетия. Гигантские газовые атомные реакторы — именно так, с целью популяризации, можно назвать звезды — оказались не только весьма разнообразными, но и склонными к усложнению с возрастом. Мы уже говорили о том, что проблемы звездной эволюции разрабатываются специалистами многих стран. Причем в последние годы наметилась тенденция к кооперированию в коллективы уже не просто отдельных астрономов и астрофизиков внутри одного научного учреждения, но и самих учреждений в международные союзы. А поскольку такое объединение связано всегда с выбором наиболее важных направлений исследования, то об организации одного из них стоит, может быть, рассказать подробнее.

В 1972 году Академия наук СССР подписала двусторонние соглашения о совместных исследованиях по проблеме «Физика и эволюция звезд» с академиями наук Венгрии и Индии.

В 1973 году в Варшаве подписано Соглашение о многостороннем сотрудничестве между академиями наук социалистических стран (НРБ, ВНР, ГДР, ПНР, СРР, СССР и ЧСР) по той же проблеме. Несколько месяцев спустя представители дружественных академий собрались в городе Циолковского — Калуге. Состоялось учредительное совещание. Участники наметили пути совместных исследований по шести наиболее актуальным направлениям науки о звездах, разделив эти направления по интересам между академиями наук.

Самое первое направление исследований называется «Ранние стадии эволюции звезд». Оно «включает в себя расчеты гидродинамического сжатия облака межзвездной материи, образования протозвезды, загорания ядерных источников энергии и, наконец, расчет самых ранних стадий эволюции с учетом ее взаимодействия с окружающей средой».

Задачу координировать исследования в этой области приняла на себя Чехословацкая академия наук. Причем в завершающей стадии работ предполагается сопоставить полученные результаты расчета с результатами специальных наблюдений.

Польская академия наук взяла на себя курирование второй темы — «Изучения поздних стадий эволюции звезд». Поздними стадиями астрофизики называют те периоды звездной жизни, когда в недрах газового шара уже действуют различные источники энергии и звезда, усложняя свое строение, раздувается, превращаясь в красный гигант. Сюда же можно отнести и расчет моделей «предсверхновой» и «сверхновой» звезды, когда они вдруг в миллиарды раз увеличивают свою светимость и сбрасывают газовую оболочку, теряя часть массы.

Венгерская академия наук является координатором темы, посвященной вообще свойству нестационарности в жизни звезд. Наблюдения показали, что среди звездного населения существуют объекты как регулярно, так и спорадически меняющие свои параметры: блеск, цвет, спектр. Между тем удовлетворительного объяснения причин этих изменений пока нет. Вот почему нестационарность была выделена совещанием в отдельную проблему.

Весьма интересным типом небесных объектов являются звезды, обладающие аномально сильными магнитными полями, — так называемые «магнитные звезды». Сегодня пришло уже время объединить разрозненные результаты наблюдений воедино и разработать модели механизмов генерации магнитных полей. Желательно также окончательно определить степень влияния магнитных полей на структуру и эволюцию звезд. Эту важную и актуальную тему координирует Академия наук ГДР.

Следующей темой широкого фронта исследований является эволюция тесных звездных систем. Ведь двойные

звезды составляют почти половину всех массивных звезд нашей Галактики. Расчеты и наблюдения последних лет показали, что в процессе эволюции материя, истекающая из более массивной раздувающейся звезды, может либо окружить оба компонента единой светящейся оболочкой, либо сформироваться в струи, либо вообще перейти в состав второго компонента пары. А почему? Участники совещания пришли к выводу, что настало время, во-первых, систематизировать полученные данные о двойных звездах, затем провести расчеты эволюции тесных двойных систем и, наконец, сравнить результаты расчетов с наблюдениями. Координатором этой темы является Академия наук СРР.

Мы уже не раз говорили о важности исследований групп звезд. Несмотря на различие их свойств, звезды, входящие в ассоциации и скопления, имеют, по-видимому, одну очень важную общую характеристику — примерно одинаковый возраст. Значит, всестороннее их изучение позволит проверить многие гипотезы и теоретические расчеты, а следовательно, внесет определенность и в наши представления о процессах звездообразования. Эту тему и направление координирует Академия наук Болгарии.

Поскольку в Советском Союзе разрабатываются многие из указанных направлений, то координация всех направлений возложена на Академию наук СССР. Такое объединение усилий обещает весьма интересные результаты решений многих важных проблем современной астрофизики и космогонии.

Читатель наверняка чувствует, что раздел, касающийся звездной космогонии, подходит к концу. Пора сделать вывод, а у нас не только богатый набор гипотез, но есть даже две противоположные концепции. Первая, пока все еще более распространенная, рассматривает процесс созидания как конденсацию разреженной материи, и вторая, считающая, что образование звезд происходит в результате взрывоподобного распада сверхплотных тел. Какой же из двух точек зрения отдать предпочтение?

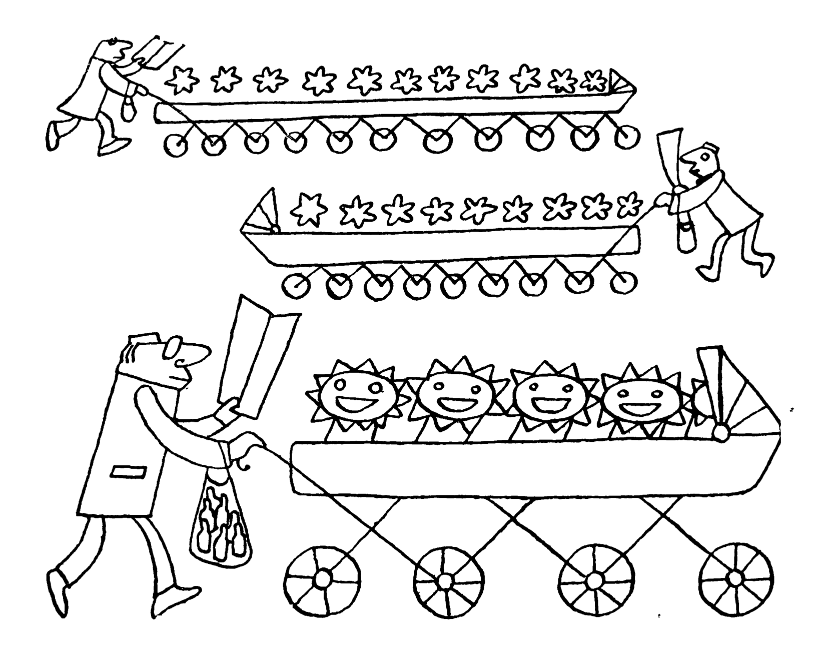
Нет хуже той ситуации, когда приходится проявлять самостоятельность. Особенно если это касается теории происхождения звезд. И у одной, и у другой концепций имеются «за», имеются и «против». Может быть, будет легче, если сравнить эти «за» и «против»? Давайте попро-

буем в заключение выстроить некоторые из них друг за дружкой в форме «возражений-утверждений» по основным направлениям спора. Скажем так:

*1. Звезды рождаются и в наше время!*

Раньше классическая концепция утверждала, что все звезды Галактики возникли одновременно.

Новая концепция с самого начала не приняла это утверждение. И вот по существующим сегодня взглядам звезды продолжают зарождаться и в наше время.



*2. Звезды рождаются группами!*

Приверженцы новой концепции, выдвинувшие это утверждение, основываются на наблюдениях. Среди молодых звезд, объединенных в ассоциации, много неустойчивых кратных систем. Да и сами эти ассоциации непрерывно расширяются, являясь союзами весьма непрочными. Это дает основания полагать, что образование звезд происходит группами в единых центрах.

Специалисты, исповедующие классическую концепцию, возражают. Они говорят, что никаких звездных

ассоциаций, якобы объединяющих молодые горячие сверхгиганты, не существует. В составе же объединений, приводимых в качестве примеров, наряду с молодыми наблюдается немало и старых холодных звезд. Для утверждения существования ассоциаций молодых звезд пока накоплено слишком мало данных. Кроме того, если даже согласиться с разбеганием звезд, входящих в такой коллектив, то причиной этого явления вполне мог бы быть, например, взрыв «сверхновой». Такой взрыв, выбросив из скопления значительную массу вещества, мог бы перевести всю систему в неустойчивое состояние.

Резюмируя, скажем, что, несмотря на существующие разногласия, идея группового рождения звезд побеждает. И сегодня даже сторонники классического направления в космогонии разрабатывают механизмы образования не звезд-одиночек, а сразу целых коллективов.

*3. Что является исходным материалом при образовании звезд?*

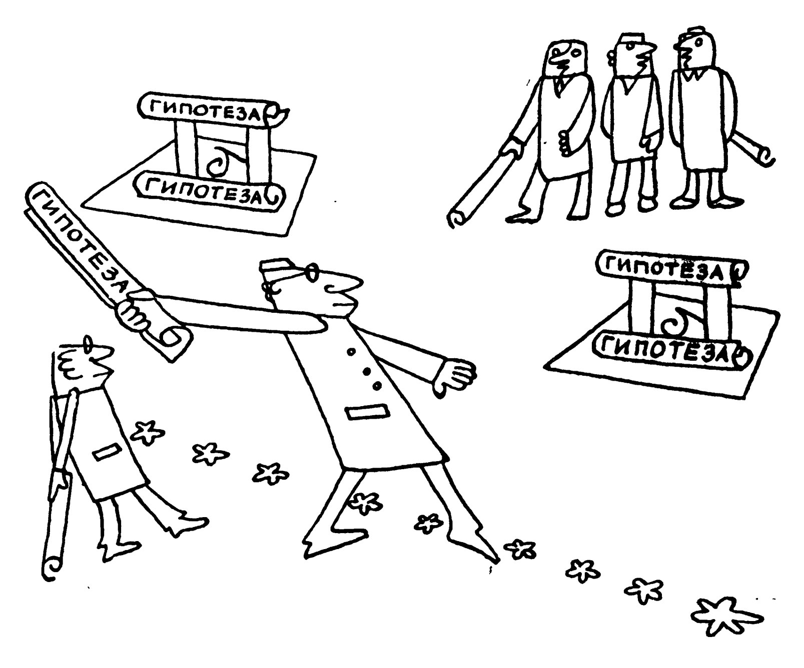
Классическая концепция: звезды образуются за счет гравитационной конденсации диффузной материи. Не исключено, что значительную роль в процессах формирования играют электромагнитные силы.

Новая концепция: в 1952 году академик В. Амбарцумян писал: «Каждая тесная группа звезд должна возникать в ассоциации из одного тела дозвездной природы. Эти предполагаемые тела можно назвать протозвездами». Что такое протозвезды, современная наука конкретно не знает. Предполагается, что это сверхплотные тела достаточно большой массы, состоящие из материи неизвестной нам формы. Возможно, это ее дозвездная стадия.

*4. Если согласиться, что звезды рождаются не поодиночке, то и протозвезды должны обладать массами во много раз большими, чем, например, масса Солнца. Возможно ли это?*

Сторонники классической концепции отвечают на этот вопрос уклончиво. Они говорят так: теория пока не дает вывода условий устойчивости для подобных масс. Результаты наблюдений тоже не дают пока возможности сказать, что кто-нибудь видел эти сверхплотные образования. Значит...

А вот что говорят сторонники новой концепции: «В природе могут существовать сверхплотные статические звездные конфигурации с массами порядка галактической и выше». Так пишет известный теоретик из Бюраканской обсерватории Г. Саакян. Кроме того, в 1963 году наблюдатели открыли квазары, а сегодня они заняты поисками «черных дыр». Почему бы не предположить, что это и есть сверхплотные образования?




Да, похоже, что по этому вопросу сторонники обеих концепций решительно расходятся.

*5. Какому механизму звездообразования отдается предпочтение?*

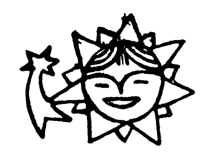
Классический механизм: образование звезд происходит путем гравитационного сжатия крупной туманности. Сначала она сжимается целиком. А затем, когда критерий неустойчивости Дж. Джинса начинает выполняться для отдельных ее частей, туманность дробится на отдельные сгустки, дающие начало протозвездам.

Сторонники новой концепции считают, что основным процессом образования звезд на современной стадии развития Галактики является их возникновение в результате взрыва из единого сверхплотного тела.

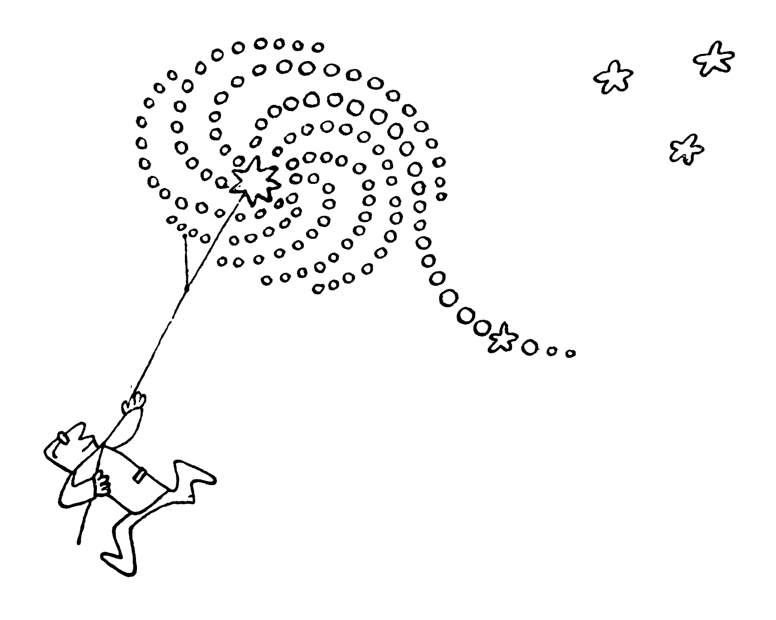
Взрыв во вселенной вообще является закономерным скачкообразным переходом накопившихся количественных изменений в новое качественное состояние.

Конечно, это только принципиальная канва диалога между представителями разных точек зрения. На самом деле в нем и содержания и убедительности значительно больше. Здесь же он приведен лишь в качестве примера для того, чтобы в заключение сказать, что пока вопрос выбора той или иной концепции является делом вкуса.

Большим достоинством нового подхода школы В. Амбарцумяна к космогоническим явлениям можно считать отведение главной роли нестационарным объектам в развитии вселенной и взрывным процессам. Новая точка зрения постепенно укрепляется, растет у нее и число сторонников. Это и понятно. «Спокойная картина медленно меняющегося мира, в котором состояния всех объектов почти стационарны, — писал В. Амбарцумян, — полностью гармонировала со стройными механическими представлениями о вселенной, развитыми на основе небесной механики и только что зародившейся астрофизики...» То было время спокойного XIX века. Но вот на смену ему пришел век XX, век сокрушительных катаклизмов в обществе, в науке и технике. Покой и устойчивость сменились напряженной нервной жизнью, полной больших и малых потрясений. Они коснулись всех аспектов общественной жизни, не оставили в стороне ни одного человека. Должно было смениться и мировоззрение. Новая гипотеза советской космогонической школы словно сама родилась из нового ритма нашей жизни. А вот окажется ли она более справедливой, чем существующая классическая концепция, этот спор может разрешить только время. Ну что же, звездам торопиться некуда...



# КОСМОГОНИЯ ГАЛАКТИК



## ТУМАННОСТИ ИЛИ ГАЛАКТИКИ

Это самый молодой раздел науки о происхождении и развитии небесных тел и их систем. Молодой, потому что только в нашем XX столетии новая мощная астрономическая техника позволила подтвердить предположение о существовании других галактик — огромных звездных систем, вроде нашей Галактики, — насчитывающих в своем составе сотни миллиардов звезд, объединенных, как правило, в различные коллективы. Еще 100 лет назад многие астрономы считали нашу Галактику вообще единственной системой во вселенной. За ее пределами — пустота. Как огромный пчелиный рой висит Галактика среди пустого Ньютонова пространства без конца и без края. Рой этот по форме напоминает жернов или чечевицу. Кроме отдельных звезд и звездных скоплений, в состав Галактики входило довольно большое количество «косматых объектов», как называ-

ли в прошлом столетии маленькие туманные пятна на небе неизвестной природы и непонятного состава. Правда, В. Гершель сумел разглядеть в некоторых из них звезды, но большинство их оставалось мутными пятнышками, неразличимыми ни в какой инструмент. Их так и назвали — «туманности». Интересовали они специалистов не очень сильно. Спорили в основном по частному вопросу, являющемуся следствием космогонических разногласий: является ли хорошо наблюдаемая туманность в созвездии Андромеды газовым зародышем будущей планетной системы, входящей в состав Галактики, как то утверждал еще П. Лаплас, или это самостоятельная звездная система, удаленная от нас на такое расстояние, что не может быть разложена на звезды ни одним из имевшихся инструментов?

В конце XIX столетия астрономы получили в руки новое мощное оружие исследования — спектральный метод. Свет звезд, пропущенный через призму спектроскопа, давал практически непрерывный спектр, пересеченный темными линиями поглощения. Нагретый же до свечения газ в тех же условиях имел спектр линейчатый.

Спектр туманности Андромеды, полученный в 1899 году, оказался непрерывным. Вам кажется, что вопрос можно закрыть? Что звездный состав туманности доказан? Ничуть не бывало. Спор только начинал разгораться по-настоящему. Почему бы не предположить, говорили сторонники небулярной природы туманности, что перед нами скопление холодного газа, которое светится не само, а только отражает свет звезд? Потому и спектр его непрерывный...

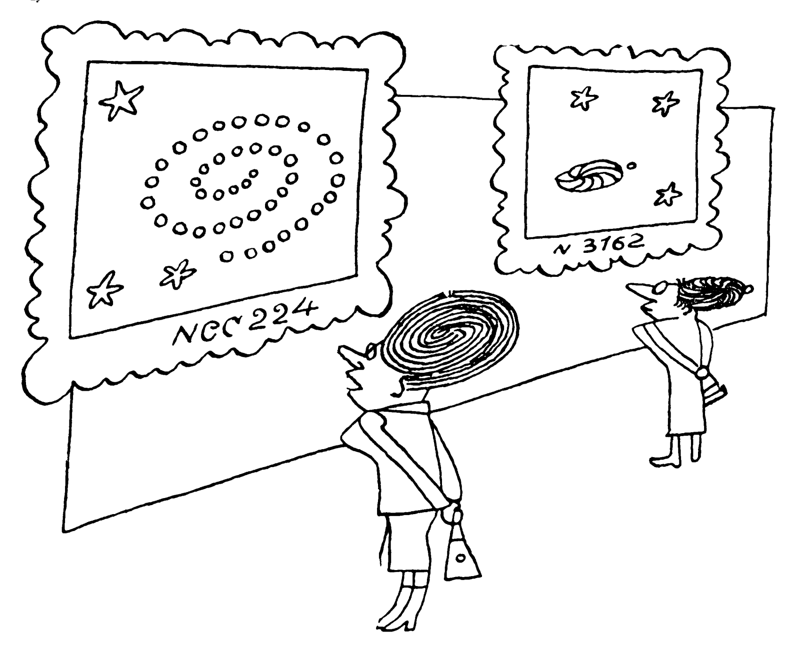
Позвольте, сокрушались противники, но где же те звезды, свет которых туманность отражает?

Звезд не было.

Лишь в 1917 году астрономы Р. Кертис и Г. Ричи заметили в туманности Андромеды несколько ярких точек. Словно крохотные искорки вспыхнули они и через несколько дней исчезли. Наблюдатели решили, что это могли быть новые звезды, заметные в моменты наибольшего блеска. По величине зафиксированного блеска нашли они и расстояние до них. Оно показалось чудовищно большим — раз в пятнадцать больше диаметра всей Галактики. Это был важный результат, ибо говорил он о том, что туманное пятнышко спиральной структуры, расположенное в созвездии Андромеды и имею-

щее каталожный шифр NGC-224 — внегалактический объект!

Возник «великий спор» — являются ли вообще все туманности внегалактическими объектами или принадлежат к населению нашей Галактики? Эти разногласия уже захватывали столь принципиальные вопросы строения мира, что не могли оставить равнодушным никого из астрономов. В 1920 году в Вашингтоне была даже организована дискуссия между двумя представителями




разных точек зрения на этот счет. Х. Шепли стоял на позициях «длинной шкалы» расстояний, его противник Х. Кертис ратовал за расстояния короткие. Но разрешить противоречия могли только дальнейшие исследования.

И вот в 1923 году молодой астроном Э. Хаббл, получив возможность работать на самом большом в те времена телескопе на обсерватории Маунт-Вилсон, навел его двух с половиной метровое зеркало на туманность Андромеды. Наконец-то! На фотопластинке по краям туманности отчетливо виднелись звезды. К концу

того же года Э. Хаббл отыскал там и переменную звезду, похожую по своим свойствам на цефеиду. А цефеиды как раз служили земным наблюдателям для определения расстояний до звезд, и «Великий спор» был закончен. Туманность Андромеды находилась за пределами нашей Галактики и имела явно звездный состав.

Вы спросите: а как же остальные туманности? В остальных в те годы пока звезд не обнаружили. Можно было бы, конечно, считать, что все однотипные объекты, скажем, спиральной структуры, имеют одинаковый состав, например, являются звездными системами. Но существовали туманности и других видов... В общем, тут надо было еще поработать.

Помните, в главе, посвященной планетной космогонии, мы довольно много внимания уделили работам великолепного английского астронома Дж. Джинса? Тогда разговор шел о происхождении солнечной системы. На самом же деле труды этого астронома охватывали и звезды, и туманности. Его исследования относились к 1916—1919 годам, когда звездный состав NGC-224 еще не был доказан и все туманности полагали состоящими из газа.

Вначале, по мнению Дж. Джинса, существовало пространство, занятое равномерно распределенным разреженным газом; неким первичным хаосом плотностью этак $10^{-30}$ г/см$^3$, или $10^{-15}$ г/км$^3$. Ну что же, если читателю удастся представить себе столь жидкий туман, можно позавидовать его воображению.

По каким причинам в этом «всемирном киселе» начали возникать первичные сгущения и неравномерности, обсуждать смысла нет. Причин может быть много, ими занимается раздел физики под названием «газовая динамика». Исследуя теорию гравитационного сжатия и вращения таких первичных облаков газа, Дж. Джинс пришел к выводу, что на ранней стадии образуются туманности правильной сферической формы. Затем, продолжая сжиматься, а следовательно, и ускоряя свое вращение, такая туманность сплющивается. Постепенно с краев эллиптического диска начинается истечение вещества, которое образует спиральные витки. Причину образования спиральных рукавов Дж. Джинс видел в приливах, которые вызывались гравитационными полями соседних туманностей. А уж повышенная плот-

ность вещества в спиральных ветвях служила для образования в них звезд.

В 1925 году, когда Дж. Джинс впервые изложил свою теорию образования спиральной структуры туманностей, американский астроном Э. Хаббл составил первую классификацию туманностей. Прежде всего он разделил их на три большие группы: неправильные, эллиптические и спиральные.

Оставив в стороне первый тип туманностей, он выстроил все остальные в некоторую последовательность форм. Причем началом последовательности явились как раз сферические туманности. Э. Хаббл присваивает им индекс Е0, что означает «эллиптические — нулевого сжатия». Дальше, в соответствии с соотношением большой и малой полуосей эллипсоидов, шли классы Е1, Е2, ...Е7. Более сплюснутых туманностей Э. Хаббл найти не сумел.

Затем шли две ветви туманностей спиральных. Одна ветвь объединяла нормальные спирали, другая — пересеченные.

Дж. Джинс был очень доволен хаббловской классификацией. Она лила воду на его мельницу, полностью соответствуя нарисованной им последовательности эволюции туманностей. Да и Э. Хаббл, несмотря на то, что старался не связывать классификацию с эволюцией, в глубине души был уверен в том, что Дж. Джинс прав. В общем, все было очень хорошо. Классификация Хаббла и гипотеза Джинса стали классическими и вошли во все учебники. Правда, с формированием спиральных структур галактик гипотеза Дж. Джинса справлялась не так успешно. Но первая половина гипотезы — превращение шаровых скоплений газа в эллиптические — сомнений почти не вызывала. И вдруг... Это «вдруг» относится ко времени, когда вторая мировая война шла к своему концу: шел 1944 год. А началось все раньше.

В начале 30-х годов в Соединенные Штаты из Германии с Гамбургской обсерватории приехал упоминавшийся уже нами астроном В. Бааде. Насовсем ли он приехал или временно, сейчас за давностью времени сказать трудно. Известно лишь одно — с 1931 года он прилежный сотрудник обсерватории Маунт-Вилсон, и это вполне разумно, поскольку любезному фатерланду было в ту пору не до звезд. Американцы же предоста-

вили немцу возможность пользоваться 2,5-метровым рефлектором, несмотря на то, что подданство В. Бааде сохранял германское. И насколько это было разумно — неизвестно. Впрочем, стань он к 1941 году американским гражданином, не случилось бы, может быть, и того «вдруг», ради которого мы заинтересовались далеко не астрономическими подробностями жизни этого специалиста высокого класса.

24 июня 1941 года президент США Ф. Рузвельт сделал заявление о поддержке Советского Союза в войне с фашистской Германией. Подданный «тысячелетнего рейха» В. Бааде был объявлен местными властями «союзником врага», и ему было запрещено покидать пределы обсерватории. Потом был Пирл-Харбор и введение обязательного затемнения в Лос-Анджелесе и прилегающих к нему городах. Астроном В. Бааде, пользуясь особенно темными ночами, фотографировал избранные небесные объекты. И вот наступил день, когда, просматривая пластинки, на которых остались изображения эллиптических туманностей, В. Бааде обнаружил, что они тоже состоят из звезд. Сомнений в этом не было. Он даже растерялся, прежде чем почувствовал радость по поводу открытия. Ведь оно означало, что теорию Дж. Джинса следовало отправить в архив. Помните, все рассуждения английского астронома были основаны на том, что уж эллиптические туманности — это точно газовые образования, которым еще предстоит долгий путь эволюции, прежде чем в них появятся первые звезды. Теперь же фундамент под всем зданием стройной и красивой теории Дж. Джинса рассыпался. Космогонистам предстояло все начинать сначала.

## НОРМАЛЬНЫЕ ГАЛАКТИКИ ДОЛЖНЫ БЫ РОЖДАТЬСЯ ТАК...

40-е годы нашего столетия ознаменовались многими любопытными открытиями в области звездной астрономии, открытиями, которые сыграли решающую роль в космогонии галактик. Несмотря на гибель теории, трещины в фундаменте космогонических воззрений Джинса — Хаббла, основная идея происхождения галактик путем конденсации газового вещества держалась непоко-

лебимо и сомнений не допускала. Споры велись по вопросам частного порядка. И прежде всего о направлении эволюции.

Исследуя звездный состав галактики Андромеды, В. Бааде обнаружил, что светила, свободно располагающиеся в ее спиральных ветвях, существенно отличаются от тесно скученных звезд ядра. Примерно такая же картина наблюдалась и в других звездных системах, включая и нашу собственную. Это позволило В. Бааде разделить звездное «население» нашей Галактики на два типа. К первому типу он отнес звезды из спиральных рукавов. Туда же вошли члены рассеянных скоплений и вообще звезды, тяготеющие к экваториальной плоскости нашей системы. Они получили название звезд плоской составляющей. Ко второму типу отошли звезды ядра, тесных шаровых скоплений, а также некоторые типы звезд, окружающих центр Галактики наподобие ореола. Их назвали звездами сферической составляющей. Ко второму типу населения отнеслись и звезды эллиптических галактик.

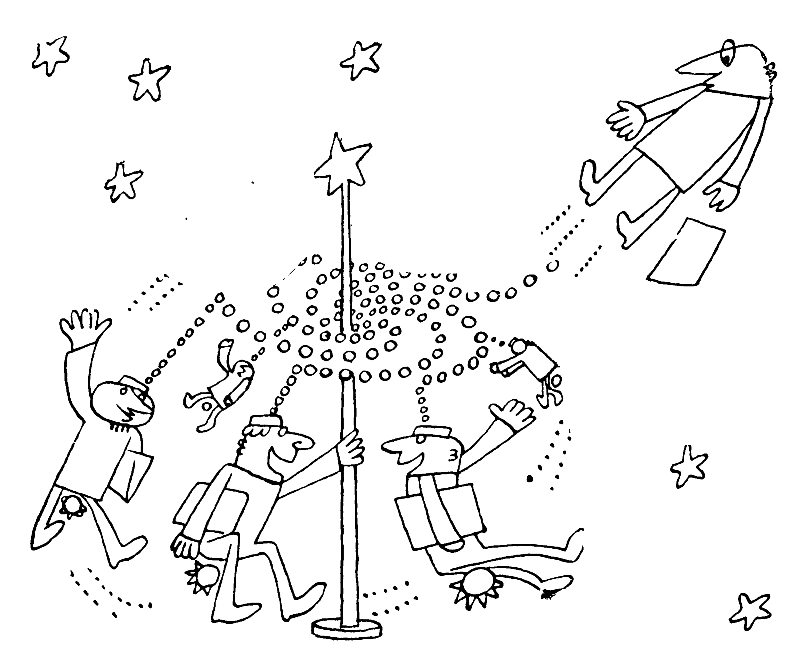
Позже работы других специалистов усложнили эту классификацию, разбив население обоих классов еще на подклассы. Но принцип, предложенный В. Бааде, сохранился до наших дней.

Тремя годами позже описанных исследований советские астрономы Б. Кукаркин и П. Паренаго доказали, что звезды сферической составляющей старше звезд плоской составляющей. Теперь, научившись различать звезды по возрасту, можно было попробовать разделить и галактики на молодые и старые образования. Тут-то и начались неожиданности. Получалось, что спиральные галактики населены более молодыми звездами, чем эллиптические. Значит, и сами они должны были быть более юными. А классическое хаббловское направление эволюции утверждало обратное: что именно эллиптические системы, вырождаясь, превращаются в спиральные. Короче говоря, новые открытия требовали немедленного пересмотра старых правил.

Положение усугубилось после выступления известного американского астронома Х. Шепли. По его данным, наибольшее количество молодых ярких сверхгигантов обнаруживается вообще в галактиках неправильной формы; в тех самых, которые вообще даже не вошли в классификацию Хаббла. А тут еще подоспела новая

работа Б. Кукаркина, обращавшая внимание ученых на скопления галактик, в которые входили звездные системы самых различных форм.

Из всего этого напрашивались новые выводы. Во-первых, что никакого перехода от одного вида галактик к другому не существует и что звездные системы уже образовались такими, какими мы их видим. А во-вторых, что, может быть, и среди галактик уместно предположить механизм коллективного рождения, как это имело место в космогонии звезд.



Новые результаты наблюдений, как полагается, вызвали и новую вспышку интереса и творчества у теоретиков. В главе о планетной космогонии мы уже знакомились с гипотезой К. Вейцзеккера о турбулентном механизме образования солнечной системы. Но гипотеза немецкого специалиста охватывала все разделы космогонии, включая и происхождение галактик. По его мнению, в период, предшествовавший возникновению звезд, мир представлял собой хаос из «диффузной газовой материи, находящейся в сильной турбуленции». Это озна-

чало, что повсюду в первозданном тумане бушевали гигантские вихри.

Ну как тут не согласиться с утверждением, что всякое новое — это хорошо забытое старое! Вспомните Р. Декарта. В гипотезе французского философа вселенная тоже была сначала наполнена вихрями. Правда, они не назывались красивым словом «турбуленция», не было и столь убедительной математики. Р. Декарт не знал подробностей описания последующих стадий развития, но идея... Согласитесь — идея была «один к одному».

Так же как некогда у Р. Декарта, во вселенной К. Вейцзеккера под воздействием завихрений появились первые сгущения, первые облака пыли и газа неправильной формы. Облака вращались вокруг своей оси, сплющивались по ходу вращения и превращались в спиральные галактики. Обратите внимание — в спиральные, а не в эллиптические, как полагалось по канонам Джинса — Хаббла. Из центра диффузная материя под действием центробежных сил перемещалась к краям, уплотнялась. В спиральных рукавах возникали неоднородности. Так продолжалось до тех пор, пока в недрах этих неоднородностей не вспыхнули первые звезды. Они нагревали своими лучами окружающий газ, и процесс звездообразования сначала затормозился, а затем прекратился и вовсе. Спиральные галактики стали постепенно терять свои рукава, превращаясь в устойчивые эллиптические системы.

Интересно, что скорость такой эволюции, по мнению К. Вейцзеккера, соответствовала размерам галактик: маленькие проходили свой путь быстрее, большие — медленнее. Этого требовал турбулентный характер развития газовых масс, и с этого-то начинались все несоответствия и противоречия в его гипотезе.

В намеченную схему не укладывались скопления галактик, состоящие из разных по форме и по величине систем. Кроме того, по гипотезе К. Вейцзеккера все звезды в каждой галактике должны были образовываться примерно в одно время. Но тогда было непонятно, почему так много молодых и горячих звезд видят наблюдатели в «старых спиральных галактиках»? Нет, так просто поставить с ног на голову устойчивую схему эволюции Джинса — Хаббла космогонисты позволить не могли...

Следующим важным теоретическим шагом явилась теория, разработанная шведским астрономом Бертилем Линдбладом — председателем Международного астрономического союза 1948—1952 годов. Исследуя звездные системы, имеющие форму эллипсоида вращения, он вывел строгие математические условия, при которых в экваториальных областях эллипсоидов образуются зоны недостаточной механической устойчивости. Звезды, находящиеся в этой зоне, могут срываться со своих круговых орбит и разлетаться, образовывая спиральные ветви. При этом неустойчивость только усугубляется. И со временем большая часть уже не только звезд, но и газовой материи эллипсоида (или, можно считать, ядра галактики) переходит в спиральные рукава.

Прекрасная математическая теория Б. Линдблада во многом обогатила науку. Методы, разработанные шведским астрономом, применяются в динамике звездных систем по сей день. Но согласиться с его эволюцией галактик специалисты тоже не могли.

Прежде всего, если звезды переходят в спиральные рукава из ядра, то, очевидно, они должны быть в спиралях либо такими же по возрасту, как и оставшиеся в ядре либо старше. Однако все наблюдатели в один голос заявляли, что спиральные рукава населены молодыми и горячими сверхгигантами и гигантами, тогда как в ядре преобладают старые звезды второго типа населения, то есть субкарлики, звезды типа RR Лиры и старые светила, объединенные в шаровые скопления.

Затем, по теории Б. Линдблада, спиральные галактики должны вращаться спиралями вперед, то есть раскручиваясь. Однако наблюдения и здесь говорили об обратном. Вообще его выводы, оторванные от практики результатов наблюдений, носили слишком абстрактный характер. Увлечение математической стороной вопроса в ущерб наблюдательным данным — недостаток не одного Б. Линдблада. Словно в противовес словам Ф. Бэкона, которые мы взяли эпиграфом к книге, глава Кембриджской школы космогонистов Ф. Хойл заявил: «Трудность состоит не в том, чтобы выдумать схему процесса, а в том, чтобы выбирать между различными представляющимися возможностями».

Очень интересной была гипотеза, разработанная в начале 50-х годов двумя ленинградскими учеными — А. Лебединским и Л. Гуревичем. Они считали, что об-

разование галактик из разреженного диффузного вещества происходит неодновременно. Некоторые только начинали образовываться, когда другие уже существовали. Причем процесс образования был таким: сначала возникало гигантское сгущение разреженного вещества — протогалактика; затем такая протогалактика начинала сжиматься примерно так, как описал этот процесс еще Дж. Джинс: гигантское вращающееся облако сплющивалось, приобретало энергетически выгодную спиральную структуру; в спиральных ветвях образовывались звезды, после чего галактика снова разбухала в толщину, превращаясь в эллиптическую.

Недостатком приведенной теории являлось прежде всего то, что протогалактик никто не видел. Кроме того, оба автора так и не объяснили процесса возникновения спиральной структуры сжимающегося облака. А это была едва ли не одна из важнейших задач космогонии тех лет.

В 1958 году за решение этой проблемы принялся тоже ленинградец — астроном Т. Агекян. По его данным получалось, что эллиптические галактики могут развиваться от более плоских форм к шарообразным. Опять противоречие Джинсу — Хabблу. При этом эллиптические образования ни в коем случае не переходят в спиральные. Спиральные же галактики со временем сплющиваются, но и они не имеют права превращаться в эллиптические.

Подтверждается вывод, что классы галактик зависят не от стадии эволюции, на которой находятся, а от тех условий, в которых начиналось их образование.

Механизм, предложенный Т. Агекяном, нашел широкое применение для изучения эволюции ядер галактик, а также звездных систем меньшего масштаба.

Американский исследователь Ф. Цвикки предположил, что спиральные галактики все-таки образуются из сгущений других видов. Представим себе, говорил он, сближение двух или нескольких туманностей. Ясно, что в результате гравитационного, а может быть и какого-то иного, взаимодействия у облаков появятся выступы, которые потянутся как в сторону встретившегося сородича, также соответственно и в противоположную. Но встретившиеся туманности скоро разойдутся. А длинные рукава, отставая в своем вращении от ядер, закрутятся в спирали.

Что ж, предложенный механизм правдоподобен. Но вряд ли он выдержит испытание на вероятность. Слишком редкими могут быть встречи в межзвездном пространстве и слишком многочисленны спиральные галактики.

Все перечисленные выше гипотезы, в которых главную роль играют гравитационные силы, создавались и жили в основном до начала 60-х годов. Но постепенно все большее внимание астрофизики уделяли магнитным полям. И в классическом направлении космогонии галактик начинают звучать новые мотивы.

## МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В ГАЛАКТИКАХ

В 1945 году известный уже нам английский астроном Ф. Хойл опубликовал свою гипотезу, согласно которой диффузная первоматерия Галактики сконцентрировалась под воздействием магнитного поля в два рукава, отходящие от центральной части, располагающиеся вдоль магнитных силовых линий. Вращение закрутило их в спираль, и с тех пор магнитное поле Галактики удерживает разреженное газообразное вещество в спиральных рукавах. Но на звезды сил его не хватает. И потому звезды все время выходят из рукавов, заполняя пространство между ними.

Если принять гипотезу Ф. Хойла, то в спиралях должны находиться молодые звезды, а в промежутках — старые. Интересно отметить, что наблюдения полностью подтвердили этот вывод. Правда, тут довольно трудно точно определить первородство: что было раньше — теория, которую подтвердили наблюдения, или результаты наблюдений, под которые подвели теорию.

Коллеги Ф. Хойла астрономы Х. Бонди и Т. Голд предложили свою версию образования спиральных рукавов из межзвездного газа, захваченного Галактикой в ее странствиях по межгалактическим просторам. Но это все частности. А главное, надо было сначала доказать, что в Галактике вообще существует магнитное поле. Ведь ни наблюдать, ни тем более измерить его пока никому не удавалось. А вдруг его вообще не существует? Впрочем, кто ищет, тот всегда что-нибудь да находит.

Сначала два астронома: один в Советском Союзе — В. Домбровский, а другой в Соединенных Штатах —

В. Хильтнер обнаруживают любопытное явление: свет от звезд, проходя по лучу зрения, то есть по линии звезда — глаз наблюдателя, оказывается поляризованным. И чем больше на пути луча света темной материи, тем выше степень его поляризации. «Почему бы это? — рассуждали астрофизики. — Что из того, что темная материя задерживает лучи? Она должна просто ослаблять их, а не поляризовать!..»

Единственное объяснение, до которого додумались специалисты, заключалось в предположении, что темная материя состоит из скопления длинненьких остреньких, как иголочки, пылинок. Под действием магнитного поля пылинки одинаково ориентируются в пространстве и... поляризуют свет.

М-да, так себе объяснение, прямо скажем. Не больно-то убедительное, но попробуйте подыскать лучше. Во всяком случае, косвенное подтверждение существования магнитных полей в Галактике есть!

Позже, когда обнаружили мощные взрывы в ядрах галактик, а в нашей собственной нашли источники радиоизлучения и поток тяжелых элементарных частиц, стало возможным считать, что существование магнитного поля в Галактике и галактиках доказано окончательно. Не будь его сдерживающих сил, все частицы давным-давно разлетелись бы в межгалактическом пространстве.

В 1964 году на XII съезде Международного астрономического союза профессор Ян Оорт (Голландия) прочел весьма любопытный доклад «Строение и эволюция галактической системы». Касаясь поведения заряженных частиц, докладчик сказал: «Их скорость (имеются в виду космические лучи. — *А. Т.)* так велика, что если бы они не удерживались магнитными полями, то покинули бы систему за время порядка 100 тысяч лет». Я. Оорт говорит о значении магнитных полей в «жизни» звездной системы уже как о само собой разумеющемся факте.

Правда, он тут же сокрушается, что пока роль, которую играют эти поля в динамике межзвездного газа, совершенно неясна. Голландский профессор вообще считает, что «в данный момент мы, как кажется, знаем больше о том, чего нельзя объяснить, чем о том, что положительного они (магнитные поля. — *А. Т.)* дают

для понимания сложных явлений, наблюдаемых в этом газе».

Опираясь на неоднородность наблюдаемого распределения плотности вещества в обозримом пространстве, Я. Оорт считает, что галактики «образовались из неоднородностей в расширяющейся вселенной». Эти неоднородности могли расширяться только до определенной стадии. Пока не набрали необходимой массы и не стали под действием собственной гравитации сжиматься. Дальше тип образующейся галактики зависел уже от величины углового момента протогалактики.

При быстром вращении центробежные силы не позволяли диффузному веществу сгуститься плотно. Его оставалось довольно много во внешних областях, и галактика получалась спиральной.

При медленном вращении первоначальной неоднородности галактика получалась эллиптической. Именно в данном последнем типе образования имелись возможности для перехода всего вещества в звезды. Это был важный вывод, потому что, как обнаружил Б. Кукаркин, только спиральные галактики богаты диффузным веществом; в эллиптических его не наблюдается совсем. Эллиптические галактики состоят из одних звезд. Я. Оорт считает, что первичные звезды образовывались в галактике сначала совершенно хаотично. Под действием начальных неоднородностей гравитационного поля они многократно перемешивались и лишь постепенно, под действием сил взаимного притяжения, собирались к центру.

Это предположение хорошо согласовывалось с наблюдениями. Действительно, ведь сферической составляющей звездного населения являются старые звезды. Часть оставшегося газа, не сконцентрировавшегося в звезды на раннем этапе, образовала скорее всего в плоскости Галактики тонкий диск с более плотной концентрацией к центру. Здесь тоже стали образовываться звезды. Сначала в ядре, где газ был плотнее, а потом и на периферии.

Постепенно процесс звездообразования замедлялся. Конечно, не исключено, что он, может, продолжается и сейчас. Но скорость его должна быть чрезвычайно малой.

И опять предполагаемый механизм подтверждается результатами наблюдений. В ядре Галактики звезды

постарше, а совсем молодые, образовавшиеся во второй период эволюции, распределялись в спиральных рукавах.

Теперь становится понятным, почему все звезды, родившиеся из газа, который собрался в плоский диск, соответствуют наблюдаемому в Галактике населению одного только первого типа.

Отныне сомнений в том, что магнитные поля у галактик есть, ни у кого не возникало. Прониклись космогонисты уважением и к роли магнитных сил в процессах эволюции. Вот если бы еще понять, откуда магнитные поля взялись.

Тут придется еще вернуться к гипотезе Ф. Хойла. Некогда он высказался в общем виде о том, что, дескать, магнитное поле галактики — это общее межгалактическое магнитное поле, усиленное сжатием диффузного вещества при его конденсации, а затем закрученное вращением образовавшихся галактик. Эту идею подхватили и разработали московский астрофизик Н. Кардашев и английский радиоастроном Дж. Пиддингтон. У них получалось, что звездные системы уже рождаются с готовым магнитным полем.

Затем советский физик С. Пикельнер, используя аппарат космической электродинамики, попытался нарисовать картину образования спиральных рукавов. Получилось неплохо. Более того, сквозь контуры предварительного чертежа стала проглядывать новая магнитно-гравитационная гипотеза. Она содержала смелые решения, много интересных выводов, но и только: количественно концы с концами не сходились. Для поддержания спиральных рукавов магнитные поля должны были быть гораздо более сильными, чем те, которые существуют в галактиках. «Мы, кажется, начинаем понимать кое-что в основных чертах распределения и движения звезд и даже чувствуем, что имеем некоторый набросок картины того, как могла возникнуть и эволюционировать наша звездная система. Кроме того, мы можем понять, почему межзвездный газ концентрируется в тонкий слой и почему этот слой вращается. Но на этом кончается наше понимание поведения газовой составляющей Галактики.

Мы не понимаем ни происхождения ее спиральной структуры, ни даже того, каким образом эта структура может сохраняться.

Мы не знаем причин движения газа прочь от ядра в центральных областях и не знаем, почему плотность газа так низка вблизи 4 кпс от центра.

Мы не знаем, почему в быстро вращающемся диске ядра вещество, по-видимому, находится в состоянии, отличном от того, которое мы встречаем в других местах.

Мы не знаем также, почему этот диск имеет исключительно резкую внешнюю границу.

Мы не знаем, ни из чего состоит галактическая корона, ни того, как надо интерпретировать удивительные систематические движения газа вне галактической плоскости... Мы как будто еще стоим на пороге мира, в котором видим чудесные явления, но не можем их понять».

Этими словами профессор Я. Оорт заключил не только свой доклад, но и представления науки 60-х годов о роли магнитных полей в деле эволюции нашей Галактики, а значит, и других звездных архипелагов. Действительно, стоит взглянуть на фотографию какой-нибудь галактики, как сразу видно, что спиральные рукава охватывают ядро не более чем в полтора оборота. А почему не больше? По расчетам, они должны бы закручиваться куда сильнее. Более того, в гамма-галактиках, по Б. Воронцову-Вельяминову, имеются и закручивающиеся и раскручивающиеся ветви.

Да и направления магнитных силовых линий по наблюдениям разных астрономов пока не совпадают. Одни показывают их в одну сторону, другие — в другую. И каждый, естественно, считает себя правым. Однако сказать сегодня определенно, что спиральные ветви действительно располагаются только вдоль силовых линий магнитного поля Галактики, пока нельзя.

Строго говоря, магнитное поле в туманности должно бы, по идее, препятствовать ее конденсации, а следовательно, и звезды не должны бы в ней образовываться.

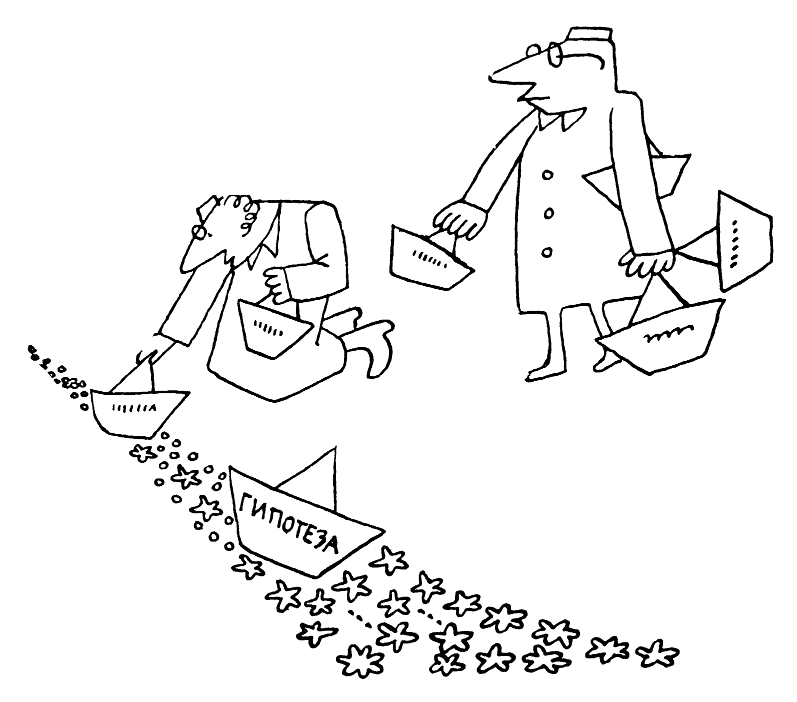
Автор понимает, что такое заключение похоже на старый анекдот. Когда к послу одной из могучих держав пришли посетители, навстречу им вышел секретарь посольства и перечислил 64 причины, согласно которым посол не мог сегодня никого принять.

— Кроме того, — добавил секретарь, вздохнув, — господин посол не может вас принять сегодня потому, что он вчера умер...

Умерла ли в конце концов магнитная гипотеза? Мо-

жет быть, и нет, но претендовать на роль «единственно правильной» сегодня она уже не может.

В последние годы активно разрабатывается учеными новая волновая гипотеза. Читатель наверняка замечал, как при волнении на море всякий плавающий мусор прибивается к берегу. В то же время сама вода остается на месте. Так же, возможно, и в Галактике некие гравитационные волны захватывают медленные звезды, относящиеся к первому типу населения, и уплотняют их.




Во всяком случае, первые решения уравнений, в которых были увязаны плотность вещества в Галактике, гравитационный потенциал и скорости звезд в соответствии с расстоянием от центра, дали уравнение спирали. Не значит ли это, что волновое возмущение плотности в виде спирали — образование устойчивое и может сохраниться при вращении Галактики? Тогда, может быть, хоть волновая гипотеза поможет решить «проклятый вопрос» о спиральных рукавах?

Впрочем, волновая гипотеза еще только набирает

темпы. Сегодня рано говорить о ее результатах. Но уже тот факт, что она привлекла внимание специалистов самых разных стран, говорит о возможной ее плодотворности.

## А КАК РОЖДАЮТСЯ ГАЛАКТИКИ «НЕНОРМАЛЬНЫЕ»?

Все-таки пока споры шли вокруг старой хаббловской классификации о рождении и эволюции нормальных галактик, обстановка была более или менее мирной. Но в послевоенные годы одну позицию за другой в древней науке начинают захватывать радиоастрономы. Внедрение новых методов наблюдений и новой техники привело буквально к лавине новых открытий. По существующим оценкам, применение радиотелескопов создало в астрономии не меньший качественный скачок, чем это было в 1609 году, когда Г. Галилей впервые направил на небо зрительную трубу.

50-е годы XX столетия ознаменовались началом второй революции в астрономии. Именно в этот период радиоастрономы обнаружили на небе участки, с которых на землю лились буквально водопады электромагнитной энергии, невидимые в обычные оптические телескопы. Постепенно радиоисточники отождествлялись с оптическими объектами. Часть из них оказалась остатками некогда вспыхнувших в нашей Галактике «сверхновых» звезд. Сегодня они представляли собой клочья газовых облаков, в которых с субсветовыми скоростями метались и тормозились в путах магнитных полей потоки заряженных частиц. Их «радиовопли» и составляли значительную долю галактического радиоизлучения.

Другая группа радиоисточников лежала явно за пределами Галактики и отождествлялась со странными объектами, получившими название «пекулярных», то есть аномальных, галактик. Мощность радиоизлучения их была больше мощности излучения в оптическом диапазоне и значительно превышала радиоизлучение нормальных галактик.

В общем, открыты были явно «ненормальные» галактики, которые скоро настоятельно потребовали своего места в общей схеме космогонической эволюции.

Нам еще предстоит встретиться со многими из них,

и потому стоит хотя бы перечислить некоторые из любопытных открытий, сыгравших определенную роль в развитии космогонических взглядов последних лет. Полный реестр открытий 50—70-х годов выглядел бы, конечно, куда внушительнее.

После отождествления радиогалактик с оптическими объектами, находящимися за пределами нашей Галактики, по всему миру прокатилась волна охоты за внегалактическими новинками. И вот мексиканский астроном Г. Аро открыл класс «голубых галактик» с усиленной ультрафиолетовой частью спектра. Новые объекты оказались густо населенными молодыми горячими звездами-гигантами. Затем в Москве на VI Совещании по вопросам космогонии Б. Воронцов-Вельяминов рассказал о «взаимодействующих галактиках». Это были в основном кратные системы, соединенные перемычками, снабженные хвостами или погруженные в облака светящегося «тумана». Потом американцами К. Линдсом и А. Сэндиджем был опубликован класс «взрывающихся галактик». И наступило время квазаров — самой большой астрономической загадки, неразрешенной по сей день.

Поток открытий все нарастал. Астроном Ф. Цвикки обнаружил «компактные галактики», отнесенные многими специалистами к весьма молодым образованиям материи во вселенной. Т. Метьюз, У. Морган и М. Шмидт выступили с классом «N-галактик», которые они назвали так из-за яркого маленького ядра «nucleus», хорошо заметного в красноватом облаке оболочки. Почти одновременно с ними А. Сэндидж опубликовал сообщение об открытии им квазагов — плотных внегалактических образований, названных так путем сокращения длинного наименования «квазизвездные галактики».

В 1967 году бюраканский астроном Б. Маркарян опубликовал список небесных объектов, получивших в дальнейшем название «галактик Маркаряна».

Между тем на помощь радиотелескопам пришли ракеты, искусственные спутники Земли и автоматические межпланетные станции (АМС). А потом уж и орбитальные космические лаборатории с экипажами. Они дали возможность использовать такие дополнительные виды информации, как рентгеновское и гамма-излучение, а также ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, задерживаемые в большинстве своем атмосферой Земли.

Вторая революция в астрономии продолжается. Сегодня в плане ее развития стоит «нейтринная астрономия» и прием гравитационных волн — новый вид информации, от которого специалисты ждут сенсационных известий.

Все перечисленные выше внегалактические объекты требовали своего включения в общую схему космогонии, которая тоже не могла оставаться прежней, ибо под такой лавиной открытий не могла удержаться долго ни одна из существующих гипотез.

Сначала следовало разобраться в причинах, по которым «ненормальные» небесные объекты отличаются от уже известных — нормальных, а затем можно было попробовать перейти к их обобщению. И в первую очередь предстояло решить вопрос с радиогалактиками: что они собой представляют и что в них происходит?

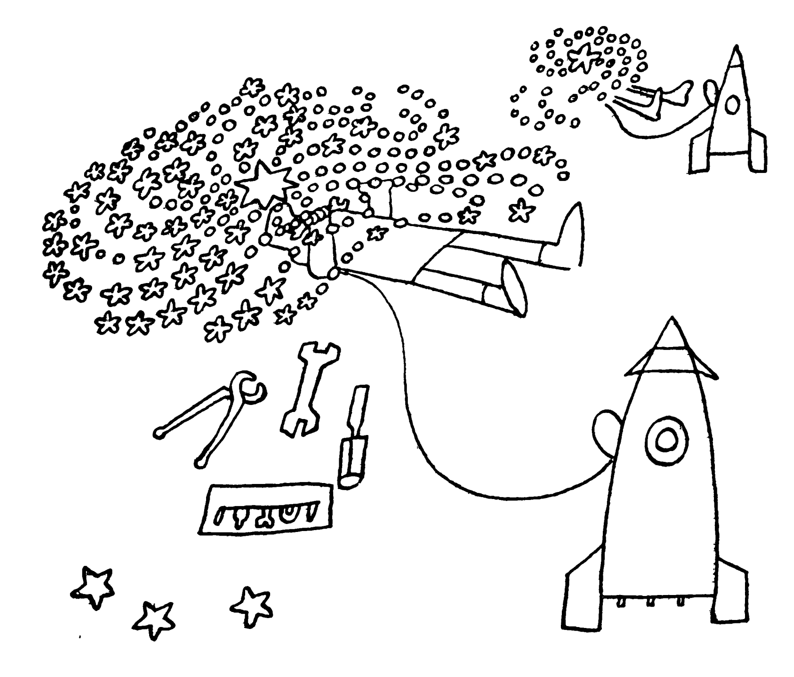
Специалистам было известно, что в обычных — нормальных — галактиках радиоизлучение создавалось в основном быстрыми заряженными частицами межзвездного газа, которые тормозились галактическими магнитными полями; немного радиоизлучения добавляли и звезды. Но для «пекулярных» галактик это не излучение, это пустяк. Какой же механизм вызывает к жизни столь мощный «радиоголос» этих необычных объектов?

Когда в 1951 году В. Бааде получил первый снимок радиогалактики Лебедь-А, объект оказался двойным, да еще с двумя радиоспутниками по бокам. Любопытная конструкция, правда? Что же там могло происходить?

К сожалению, картины могучих взрывов в галактиках, даже если вещество разлетается со скоростями тысяч километров в секунду, кажутся земным наблюдателям абсолютно неподвижными. Целой жизни человеческой не хватит на то, чтобы заметить там хоть какое-то изменение. Это и понятно. Вспомните, как быстро пролетает над головой реактивный самолет. Буквально мелькнет, не успеешь повернуть голову. А теперь вспомните, как тот же летательный аппарат медленно ползет по далекому горизонту, оставляя за собой длинный инверсионный след. А ведь скорость его относительно земли не изменилась.

Для радиогалактик, удаленных от нас на десятки и сотни миллионов световых лет, жизнь целых поколений людей — миг. Время самое относительное понятие

из всех фундаментальных основ, введенных человеком в обиход. Каждое наблюдение подобно моментальной съемке. Оно выхватывает одно какое-то мгновенное значение из изменяющегося состояния небесного объекта. И по этому моментальному снимку мы хотим восстановить весь характер изменений. Такая задача подчас может показаться «сумасшедшим детективом», в котором на основании единственной улики восстанавливается не только само преступление, но его мотивы, история жиз-



ни преступника и даже диалог его с жертвой или сообщником. Все это очень похоже на работу специалиста по космогонии. Небольшая разница заключается в том, что у последнего нет и не может быть надежды на то, что в конечном итоге объект следствия сядет за стол и, «расколовшись», покается и поведает истину.

Трудно сказать, приходили ли подобные мысли в голову астроному В. Бааде, впервые узревшему радиогалактику Лебедь-А на пластинке. Автор даже склонен считать, что скорее не приходили. Но и надежд особых на дополнительные сведения у него, по-видимому, тоже

не было. И по зрелому размышлению над полученным изображением В. Бааде предположил, что перед ним результат столкновения! Две звездные системы — примерно по 100 миллиардов звезд в каждой, — летящие навстречу друг другу со скоростями около 3 тысяч километров в секунду, врезаются «в лоб»!!!

Кошмарный случай, вполне достойный пера писателя-фантаста. Однако с позиций научной объективности событие должно выглядеть не так страшно. Скорее всего звезды столкнувшихся галактик, подобно комариному рою, спокойно пролетят друг сквозь друга, разве что несколько нарушив собственные движения отдельных светил. Слишком велики расстояния между небесными телами в таких системах, как галактики, чтобы в результате столкновения «от звезд сыпались бы осколки».

В. Бааде представлял себе это лучше, чем кто-либо другой. Но он знал и то, что галактики окружены протяженными коронами межзвездного газа. А встреча газовых облаков должна происходить совершенно в ином ключе. Прежде всего столкновение газовых облаков будет частично упругим. То есть облака при встрече должны затормозиться, испытать сжатие, затем упруго оттолкнуться друг от друга и разойтись в стороны. Вот тут-то и мог крыться источник энергии радиоизлучения.

Читателю наверняка известно из курса школьной физики, что, пока заряженные частицы равномерно движутся в свободном пространстве, своего присутствия они не обнаруживают. Но стоит им попасть в магнитное поле, как траектории их движения начинают закручиваться, прямолинейное движение сменяется криволинейным, а равномерное — ускоренным (или замедленным). При любом же ускорении заряд излучает электромагнитные волны.

В коронах межзвездного газа заряженных частиц, как говорят, навалом. Среди них — множество так называемых релятивистских частиц, то есть тех, которые движутся со скоростями, сравнимыми со скоростью света. И вот торможение этих релятивистских электронов в магнитных полях как раз и должно порождать то самое радиоизлучение в диапазоне метровых волн, которые мы так здорово научились принимать с помощью радиотелескопов.

Прекрасно, просто прекрасно складывалась гипотеза

столкновения. В. Бааде потирал руки от удовольствия, рассказывая о ней Рудольфу Минковскому. И не смог скрыть досады, когда строптивый помощник усомнился в истинности гипотезы. Неизвестно, сколько длился спор. Зато известно, чем он кончился — пари на бутылку виски.

— Проверим вместе? — предложил В. Бааде.

— Проверим, — согласился Р. Минковский.

С помощью спектрографа, установленного на пятиметровом телескопе, они получили несколько спектров свечения газа спорной галактики. Если там и вправду действовал механизм столкновения и газовые облака тормозились, атомы газа должны были находиться в возбужденном состоянии. А это могли показать спектры.

Астрономы проявили пластинки, расшифровали полученные изображения и... Р. Минковскому пришлось «сбегать в магазин». Пари выиграл В. Бааде. И год спустя, на VIII Международном астрономическом съезде, он доложил свою гипотезу уже от имени обоих. Сообщение было весьма неожиданным и необычным. Однако, несмотря на целый ряд сомнений, сразу возражений не последовало. Оно и понятно: уж если такие специалисты отваживаются на выдвижение гипотезы публично, значит, она подкреплена аргументами, против которых с голыми руками выходить не стоит. Но постепенно, как и полагается, плоды первоначальных сомнений созревали. Прежде всего многих смущала малая вероятность лобового столкновения двух галактик. Даже если выбрать самое густое скопление, а к тому времени радиоисточников на небе было обнаружено уже порядочно, то расстояния между соседями и тогда будут слишком большими, чтобы подобные столкновения происходили достаточно часто.

В. Бааде такое возражение предвидел и потому поторопился сам подсчитать вероятность столкновения для скопления галактик, в которое входила Лебедь-А. Однако результаты получились у него малодостоверные. Впрочем, авторитет В. Бааде был настолько велик, что после его выступления на съезде появилось и немало сторонников гипотезы столкновения. Сторонники тоже разрабатывали теории и приводили убедительные расчеты «за».

Интересное возражение привел В. Амбарцумян. Он сказал, что если авторы гипотезы настаивают на том,

что, по крайней мере, хотя бы три двойные галактики излучают радиоволны в результате прямых столкновений в лоб, то они, наверное, согласятся, что косых столкновений при этом должно быть значительно больше; примерно раз в сто больше... Но где на небе триста пар галактик, сталкивающихся друг с другом нецентрально?

Подоспели и другие возражения. Подсчитав количество энергии, излучаемое Лебедем-А, и время, прошедшее с начала «столкновения», астрономы пришли к выводу, что для обеспечения наблюдаемого потока излучения слишком большая часть энергии торможения должна быть передана заряженным частицам. КПД, по расчетам Дж. Бербиджа, приближался к ста процентам. Дебет явно не сходился с кредитом. А это верный признак надвигающегося банкротства.

В общем, спор о природе радиогалактик и о механизме их излучения разгорелся во всем мире. Но никакая дискуссия не может считаться плодотворной, если она состоит из одних лишь негативных замечаний. Такой спор ведет в тупик. Сторонники точки зрения В. Бааде и Р. Минковского справедливо спрашивали:

— Хорошо, пусть не столкновение, но что тогда?

Нужна была позитивная гипотеза, которая обеспечила бы дальнейший прогресс в изучении вопроса.

И в 1956 году на совещании по вопросам космогонии, которое состоялось в Москве, В. Амбарцумян «взорвал бомбу». Нет, нет, дело здесь не в пиротехнике. Это лишь образное выражение для того, чтобы определить эффект, который произвело его сообщение на собравшихся. Он предположил, что в галактике Лебедь-А мы имеем дело не со столкновением двух галактик, а, наоборот, с разделением одной на две!

Это была вовсе не гипотеза ad hoc, как говаривали древние римляне (это выражение означает «для данного случая, кстати»). Советский астроном предложил новое толкование для наблюдаемого явления, основываясь на своей же идее 1954 года о космогонической активности ядер галактик.

По мнению В. Амбарцумяна, к результатам этой активности можно отнести и выброс из ядер галактик радиоизлучающих облаков, и даже возникновение спиральных рукавов (читатель, наверное, помнит тот незавершившийся спор?).

Новая гипотеза содержала не только много неожиданного, но и необъяснимого. Возьмите хотя бы выбросы масс газа из ядер галактик! Раньше считалось, что центральные части этих звездных систем состоят из одних звезд. Даже если допустить, что газ в ядрах есть, его там должно быть просто слишком мало! Откуда же берутся громадные массы вещества, истекающего из ядер галактик и создающего мощное радиоизлучение? Тут много непонятного. Астрономы, например, знали, что в центральной части нашей Галактики плотность газовой материи не выше, чем на периферии. А между тем голландские астрономы во главе с Я. Оортом обнаружили, что именно оттуда, из центра, происходит непрерывное истечение нейтрального водорода. И американский астроном Г. Мюнч обнаружил очень похожее непрерывное истечение газа из ядра галактики Андромеды. Причем интенсивность истечения оказалась такой, что за какие-то миллионы лет ядро выбрасывало из своих недр массу, которой хватило бы на добрый миллион таких звезд, как наше Солнце. Галактические ядра в этой гипотезе представали некими бутылками, в которых заключен дух...

Противоречия казались непреодолимыми. Какой же выход из него нашел В. Амбарцумян? На VI Московском совещании по вопросам космогонии в 1959 году он заявил: «Мы приходим к выводу, что в центрах галактик, в их ядрах имеются тела, на много порядков превосходящие по массе обычные звезды и не являющиеся ни диффузными туманностями, ни звездами. Этот вывод о наличии в центре некоторых галактик плотных тел необычайно большой массы кажется нам неизбежным следствием наблюдательных данных».

Итак, налицо знакомая уже нам идея Бюраканской школы о сверхплотном дозвездном состоянии материи, только теперь уже на галактическом уровне. В. Амбарцумян считал, что после выброса из ядер вещество претерпевает ряд трансформаций и превращается в конгломерат звезд, межзвездного газа и облаков заряженных частиц высоких энергий.

Будто все идет хорошо. И все же один существенный недостаток снижал ценность выдвинутой гипотезы: никто и никогда не видел вещества в подобном состоянии, и не было теории, доказывающей возможность существования «необычно большой массы» такого вещества.

Ведь имелась в виду масса, во много, очень много раз превышающая массу Солнца...

Неожиданно новую концепцию Амбарцумяна поддержал Б. Воронцов-Вельяминов. Он предположил, что и компактные галактики Цвикки, и открытые им самим «взаимодействующие галактики» следует рассматривать как разлетающие части, бывшие некогда единым ядром.

Но для большинства астрономов гипотеза Амбарцумяна была слишком революционной. Лишь кое-кто время от времени рисковал публично выступить в поддержку новой концепции.

Впрочем, если гипотезе Амбарцумяна приходилось туго, то и идея В. Бааде и Р. Минковского тоже «дышала на ладан». В ней обнаруживалось все больше и больше недостатков. А когда Т. Метьюз и М. Шмидт увидели, что и одиночные галактики имеют оптические спектры, аналогичные «сталкивающимся» компонентам Лебедя-А, гипотеза столкновения рухнула окончательно, похоронив под своими обломками бутылку виски, за которой напрасно бегал Р. Минковский десять лет назад. К сожалению, его шеф В. Бааде в 1960 году окончил свой жизненный путь, так и не узнав, что в споре 1951 года прав-то был не он, а его помощник. Впрочем, может быть, и лучше умереть, не расставшись с иллюзиями...

Вскоре после окончательного падения гипотезы столкновения общая концепция В. Амбарцумяна об активности ядер галактик получила существенное подтверждение. Наблюдатели обнаружили мощный взрыв в ядре галактики М-82. Да и вообще многие открытия 60-х годов, словно сговорившись, «лили воду на мельницу В. Амбарцумяна».

Интересно еще раз вспомнить последовательность воззрений этого выдающегося советского астронома. В 1947 году он впервые высказывает предположение о существовании сверхплотных «Д-тел». Затем следует идея об активности ядер галактики...

Ученому немало пришлось выдержать критики и прямого отрицания, прежде чем его идеи стали если не подтверждаться полностью, то, во всяком случае, иметь под собой реальную почву. Тут и открытие новых типов галактик, и взрывы в ядрах, и наконец квазары... Не родственники ли они таинственным «Д-телам»? Конечно, категорически утверждать это нельзя. Ведь и

сегодня, в 1975 году, штурм квазаров все еще продолжается. Вообще природа сверхплотных тел остается попрежнему неясной, хотя нейтронные звезды благодаря открытию пульсаров и вошли в астрономический арсенал довольно прочно.

Несколько лет назад, размышляя над причинами расширений звездных ассоциаций, обнаруженных коллективом В. Амбарцумяна, английский астроном Т. Голд задался вопросом: каким должен быть механизм явления, разбрасывающего в разные стороны звезды? Скорее всего это должен быть мощнейший взрыв, супервзрыв. Но отчего бы ему произойти? Может быть, существуют в космосе силы, сжимающие гигантские массы газа до состояния коллапса? Тогда на каком-то этапе неудержимого сжатия в недрах этого сгустка вещества с массой, во много раз превосходящей массу Солнца, начнутся незатухающие ядерные реакции. Сжатие остановится. А затем коллапс перейдет в антиколлапс — в грандиозный взрыв.

Читатель, наверное, уже заметил, что ход рассуждений английского астронома очень похож на размышления о гипотетических превращениях «черных дыр» в «белые дыры». Но при этом не следует забывать, что высказывания Т. Голда относятся ко времени, когда этой проблемой, кроме школы В. Амбарцумяна, занималось в мире не так уж много теоретиков. Не то что сейчас.

Выступая на Сольвейской конференции, Т. Голд развил свою гипотезу. «Предположим, — говорил он, — что подобные взрывы могут происходить еще в больших масштабах. Тогда мы приблизились бы к концепции коллеги В. Амбарцумяна...»

Идея была заманчивой, и кое-кто из астрономов-теоретиков тут же принялся за расчеты возможных моделей. А 60-е годы все продолжали и продолжали «работать на В. Амбарцумяна». В рамки его гипотезы укладывались и «голубые галактики Аро», и компактные — Цвикки, галактики и квазаги Сэндиджа. А уж взрыв в ядрах галактик был просто подарком молодому коллективу. Со временем бюраканские астрономы пришли к выводу, что галактические ядра могут, по-видимому, взрываться неоднократно, хотя их активность должна падать. Тогда вполне вероятно, что среди бесчис-

ленных звездных архипелагов могут попадаться и галактики, утратившие способность к эруптивности, как любят говорить специалисты (то есть способность к извержениям), и зрелые галактики, в которых указанные процессы идут с полной силой. Должны быть и такие, в ядрах которых космогоническая активность еще не проявилась.

Интересно, что именно в тот день, когда автор писал эти строки, почтальон принес газету с любопытной заметкой. Корреспондент из Алма-Аты писал, что на высокогорной обсерватории Астрофизического института Академии наук Казахской ССР аспирант Л. Кондратьев обнаружил в созвездии Змеи весьма необычную туманность, состоящую из материи, находящейся в чрезвычайно ранней стадии развития, о которой науке пока известно очень мало. Любопытное сообщение. На чьи весы ляжет оно дополнительным грузом? На чашу сторонников классического взгляда на формирование галактик из диффузной материи или его запишут себе в актив ратоборцы новой гипотезы?..

Теоретики сегодня довольно далеко отстали в своих попытках осмыслить и объяснить факты, представляемые наблюдениями. Все понимают, что в ядрах галактик, в условиях, пока совершенно нам неведомых, могут быть обнаружены явления, которые «могут привести к противоречию с законом сохранения энергии (и вещества) в его современной форме, ограниченной известными нам формами энергии, и потребовать обобщения этого закона». Так писал В. Амбарцумян в 1962 году. Об этом говорил и другой советский астроном — ленинградский профессор Н. Козырев.

Новые источники энергии звезд?! Не сжатие, не ядерный пожар?! Тогда что?..

Идут годы. Труд ученого тяжело оценить в количественных единицах. Для неспециалистов, для потребителей научной продукции всегда важен результат. А каков результат исследования широковещательно объявленных возможностей, таящихся в галактическом ядре? Конкретно о нем говорить рано. Как не добились пока армянские астрофизики построения теории сверхплотных, массивных тел, теории, которая полностью удовлетворяла бы требованиям новой тенденции, так и теоретическая разработка возможных новых источников энергии внегалактических объектов, предпринятая

Н. Козыревым, тоже пока повсеместного признания не получила...

За последние годы ряды астрофизиков пополняются все больше и больше «чистыми» физиками, отдавшими своей науке немало лет жизни. Наверное, так и должно быть. Тесны становятся стены земных лабораторий современной физике.

## «МАШИНА ВРЕМЕНИ» ВСЕЛЕННОЙ

«В результате исследования строения космических тел я пришел к выводу, что в природе существуют особые, ранее неизвестные силы. Источником этих сил является «ход времени». Примерно так начинался доклад известного ленинградского астрофизика Н. Козырева, который он прочитал в 1959 году в Географическом обществе Союза ССР.

Слова его породили ликование среди специалистов одного направления и вызвали бурное негодование других. Слишком необычной казалась теория, изложенная ученым и названная им «причинной, или асимметричной механикой». Ее называли спекулятивной, эксперименты некорректными, выводы поспешными и ошибочными. И вместе с тем все признавали глубину научного проникновения автора теории в сущность проблемы, его умение поставить тонкий эксперимент, сделав из него правильные выводы...

Короче говоря, заявка профессора Н. Козырева никого не оставила равнодушным. Пожалуй, это и понятно; ведь его выводы касались самого обиходного, самого ускользающего и самого, казалось бы, тривиального понятия — времени. Многие выводы новой теории имели непосредственное отношение к космогонии. И потому, не претендуя на глубокий анализ, мы должны познакомиться с основными чертами ее в нашей книге.

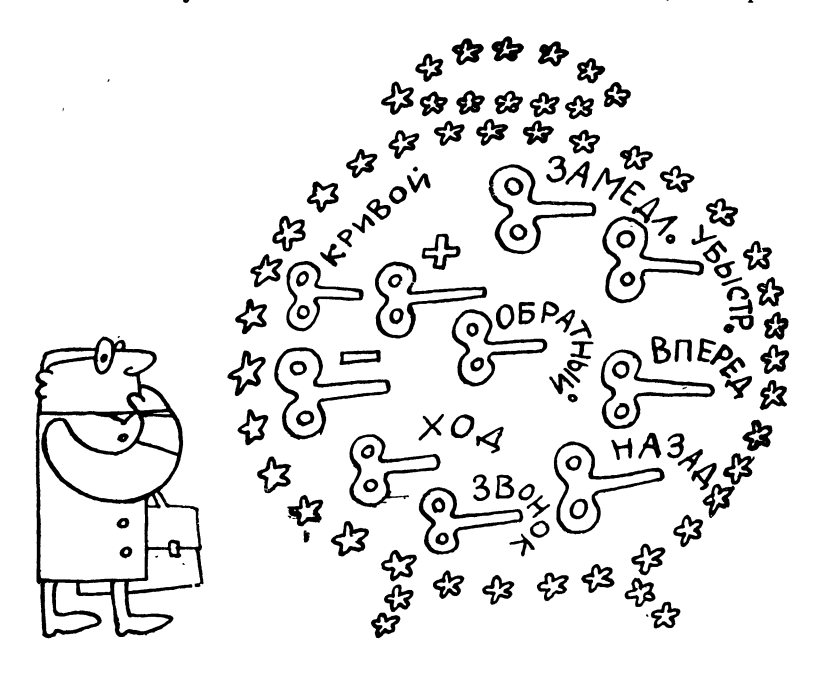
Прежде всего несколько известных положений; тех, что лежат в основе нашего материалистического мировоззрения и позволяют построить картину мира, соответствующую современному этапу развития общества.

«Время — одна из основных (наряду с пространством) форм существования материи... Время существует объективно и неразрывно связано с движущейся материей... Время неразрывно связано с пространством, которое имеет три измерения, а время — одно: движе-

ние материи во времени идет только в одном направлении — от прошлого к будущему. Время необратимо. Оно бесконечно».

В приведенных постулатах заключаются едва ли не все те знания о времени, которые накопил здравый смысл за годы существования человечества.

Из свойств времени люди знали и использовали его длительность и однонаправленность. Длительность легла в основу всех количественных соотношений, измере-




ний и физических законов. Направление времени определило собой принцип причинности, как называют философы «положение об объективности, всеобщности и необходимости причинной связи явлений». Это качественная сторона времени.

С древних времен философы пытались связать время с движением, чтобы глубже проникнуть в природу первого. Эту связь отмечал еще Аристотель в своей «Физике». Однако в древности, да и в средние века, течение времени чаще всего соотносилось лишь с видимым движением небесного свода. Философы той поры

понимали под движением обычное механическое перемещение, и выяснение характера связи являлось часто камнем преткновения для всего философского учения.

Немало интересовались связью течения времени с движением и естествоиспытатели, физики и математики. Так, Н. Лобачевский в своих лекциях по механике говорил: «Движение, бесконечно продолжающееся одинаково, называется равномерным, и одно из таковых движений взято для сравнения с другим, и оно называется время».

Теория относительности показала, что время не просто измеряется движением, а по самой своей природе связано с ним и в зависимости от движения может изменять свое течение.

Вспомним, что с диалектической точки зрения движение понимается не как простое перемещение, а как любое изменение, превращение и развитие материи.

Время однонаправленно. По выражению А. Эддингтона оно характеризуется «стрелой времени». В связи с этим путешествия в прошлое возможны только в фантастических романах. А. Эйнштейн еще в 20-х годах нашего столетия говорил: «Время, обозначаемое в физических формулах буквой t, может, конечно, входить в уравнения с отрицательным знаком; это дает возможность вычислять время в обратном направлении. Но тут мы и имеем дело именно с одним только вычислением, из чего никак нельзя заключить, что и само течение времени может стать отрицательным. Здесь корень всего недоразумения в этом смешении того, что допустимо и даже необходимо как прием вычисления, с тем что возможно в действительности».

Кажется, все предельно ясно. И вместе с тем ни в физике, ни в механике нет ни одного закона, который, учитывая направление времени, становился бы абсурдным при перемене знака у буквы t. Получается, что будущее согласно этим законам неотличимо от прошлого?

Но тогда из изучаемого нами мира исчезает едва ли не главное его свойство всеобщей объективной закономерности и причинной обусловленности; исчезает детерминизм. А мир, в котором разорваны причинно-следственные связи, непознаваем. В таком мире невозможно жить. Вы только представьте себе этакую «вселенскую анархию». Солнце всходит и заходит, когда

ему вздумается, а посредине июля природе ничего не стоит развлечься снежной метелью и морозом... Нет, мир, который изучает наука, строго детерминирован.

А как быть тогда с физическими законами? Призванные отображать объективную реальность, они тем не менее игнорируют главное свойство вселенной — причинность!

Выход один — ввести принцип причинности и направленность времени в законы физики и механики.

Здесь уместно вспомнить, что идея сведения временного порядка к причинному была выдвинута впервые Г. Лейбницем. Немецкий математик и философ считал, что пространство и время вообще являются лишь формами динамических отношений между вещами и не имеют самостоятельного значения. Время же Г. Лейбниц рассматривал как порядок последовательности явлений. Но где доказательство, что эта последовательность может идти лишь в одном направлении? В законах физики, отражающих суть природных явлений, его нет!

И вот уже много лет специалисты разных направлений пытаются отыскать в природе определенные необратимые процессы, чтобы взять их в качестве соотносительных понятий — коррелятов необратимости хода времени. Другими словами, ученые ищут такой закон природы, который ясно показал бы одностороннее направление времени во вселенной.

В XIX столетии физик Л. Больцман связал с направлением времени изменение энтропии. Тогда энтропию называли «тенью царицы мира», наделяя царским титулом энергию. Взаимодействие энергии с энтропией рисовали довольно мрачными красками. «Над всем, что совершается в беспредельном пространстве, в потоке преходящего времени властвует энергия, как богиня, как царица, — здесь даря, там отнимая, а в общем, не даря и не отнимая. Она властвует со строгой справедливостью, беспрестанно озаряя своим спокойствием, вечно ровным светом одинаково былинку и гениального человека.

Но где свет, там и тень, которую бросает властительница мира — энергия, глубока и темна, многообразна и подвижна... Глядя на эту тень, нельзя подавить в себе смутного страха: она — злой демон, стремящийся умалить, если не совсем уничтожить, все то великое,

прекрасное, доброе, что создает светлый демон. Этому злому демону мы даем название энтропии; как оказывается, он постоянно растет — и медленно, но уверенно раскрывает свои злые наклонности... Энергия остается постоянной, энтропия растет. Солнце светит, но тени становятся все длиннее. Всюду рассеяние, выравнивание, обесценивание...»

И дальше, естественно, автор приведенного эссе в стиле ушедших времен переходит к похоронному повествованию о «тепловой смерти вселенной».

Сегодня на кошмары прошлого смотрят более по-деловому. Энтропия? Пожалуйста. Вот ее определение: она «...функция состояния, характеризующая направление протекания самопроизвольных процессов в замкнутой термодинамической системе». И все. Да, вот еще добавление: «существование энтропии постулируется вторым началом термодинамики».

А как быть с «тепловой смертью»? Ведь и первая формулировка второго начала термодинамики, принадлежавшая Р. Клаузиусу, гласила: невозможен процесс, при котором тепло переходило бы самопроизвольно от тел более холодных к телам более нагретым... Р. Клаузиус писал: «...во всех явлениях природы совокупная величина энтропии всегда может лишь возрастать, а не уменьшаться, и мы получаем поэтому, как краткое выражение всегда и всюду совершающегося процесса превращения, следующее положение: энтропия вселенной стремится к некоторому максимуму».

Потом была другая формулировка У. Томсона. Были споры, чья лучше. Но в конце концов и в современной термодинамике второе начало формулируется хоть и без драматизма, но как закон возрастания энтропии. Конечная же гибель галактик и вообще вселенной объявлена несостоятельной, потому что, во-первых, никто пока не знает, что конкретно происходит в недрах галактик и по какому пути они развиваются; во-вторых, нет оснований считать вселенную замкнутой и изолированной системой, и, в-третьих, не исключено, что где-то имеют место процессы, идущие в прямо противоположном направлении, чем к тому обязывает второе начало термодинамики и здравый смысл обитателей планеты Земля.

Обсуждая вопрос связи энтропии со временем, не следует забывать, что второе начало термодинамики —

закон статистический. Он может применяться для большей совокупности объектов. А время? Оно ведь существует для каждого единичного объекта. Да и теория относительности говорит, что система отсчета (в том числе и времени) может быть связана с любым единичным объектом, будь он хоть частицей, разгоняющейся в синхрофазотроне. Так что, пожалуй, жестко связывать время с энтропией — занятие опасное. Нельзя ли поискать других коррелятов?

Английские физики О. Пенроуз и Дж. Персивал пытаются все же ввести направление времени в физические законы, опираясь на теорию вероятностей. Но и у них время получается чисто статистическим, усредненным понятием, годным для ансамбля объектов. А с этим согласиться трудно.

Наконец, американский астроном Т. Голд считает, что «ответственным за направление времени является расширение вселенной». Он пишет: «Картина мировых линий галактик ясно показывает направление времени; это именно то направление, в котором мировые линии расходятся».

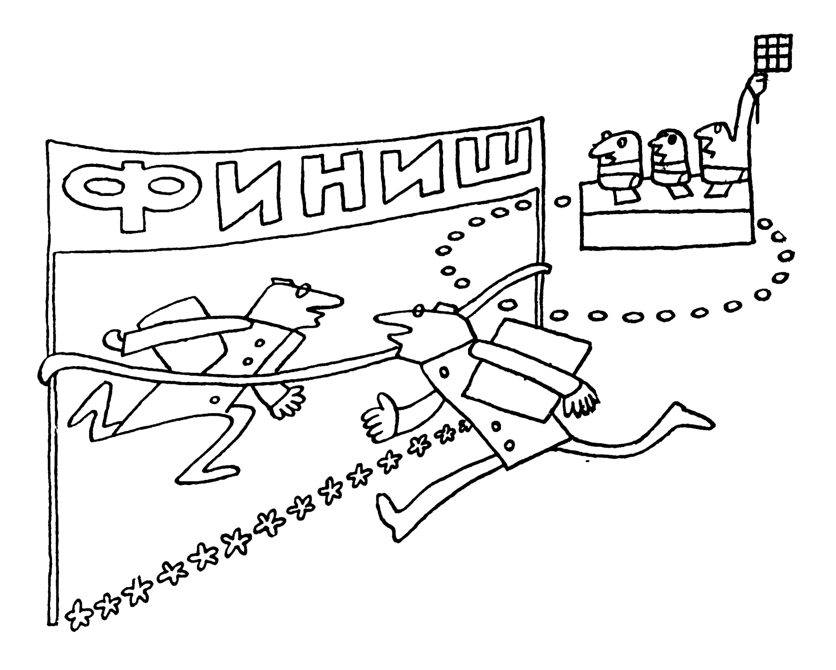
Однако, кроме расширяющейся модели вселенной, существуют сегодня и другие, в том числе и пульсирующие, в которых на каком-то этапе расширение должно сменяться сжатием. Означает ли это, что и время в них должно идти назад? При этом мы снова возвращаемся к проблеме: что такое время?

Много есть на эту тему разных высказываний, разных точек зрения. Заинтересовавшемуся читателю самому придется решить, к какой категории отнести представления о времени профессора Н. Козырева, ради которого мы и пустились в приведенные выше воспоминания.

Прежде всего, что подразумевает создатель новой теории под термином «ход времени»? После затянувшегося предисловия понять это становится несложно. «Ход времени» у Н. Козырева — это скорость протекания физических процессов. Каких? Любых! Иными словами, это скорость превращения причины в следствие. Для различных процессов эта величина, естественно, различна, но ограничивается она скоростью света в вакууме. Это тоже понятно, потому что никакая материальная система двигаться быстрее не должна. Так новая величина получает не только физическую

определенность, но и размерность, и предельное значение. Попробуем уточнить ее дальше.

Известно, что в физике одни величины обладают только размерами и называются потому скалярами. Это, к примеру, длина, площадь, а также длительность промежутка времени — секунда, час, век. Сюда же можно отнести и массу, плотность, температуру и многие другие величины, определяющие вещество, его состояние и движение.




Другие же величины, помимо размеров, характеризуются еще и направлением. Называют их векторами. Примерами могут служить скорость, ускорение, сила...

«Ход времени», по Н. Козыреву, оказался ни тем и ни другим; он относится к псевдовекторам. Что это такое? А вот что: если вы утром мчитесь к автобусной остановке — ваша скорость вектор. Она определяет направление движения. А теперь представьте себя чемпионом фигурного катания. Заключительная фигура вашего, конечно, блестящего, выступления — вращение волчком. Чем является теперь ваша скорость? Теперь

она псевдовектор. Угловая скорость, момент сил и момент количества движения — типичные псевдовекторы. К этой же категории величин относит Н. Козырев и «ход времени». Более того, поскольку направление времени всегда одно и то же, наш псевдовектор, как говорят математики, имеет «нулевой ранг», то есть становится псевдоскаляром.

Мы знаем, что время связано с пространством, как одна форма бытия материи с другой. По-видимому, и свойства их должны в чем-то определять друг друга.

Важным свойством пространства является его изотропность. То есть независимость его свойств от направления. С этим связана симметрия нашего мира. Однако подробное изучение свойств атомов и молекул, кристаллов и даже живых существ убеждает нас в том, что какое-то принципиальное абсолютное различие в природе между левым и правым быть должно. С чем это связано, пока неизвестно. Ведь сами по себе оба понятия, левое — правое, условны. Во всей физике не найти пока никакого указания на внутреннее различие между левым и правым.

Такая же асимметрия, по-видимому, должна существовать и между прошлым и будущим. Причина и следствие при повороте «стрелы времени» не должны давать абсолютного тождества. И эта асимметрия времени, по мнению Н. Козырева, может явиться могучим источником энергии.

Вывод «сногсшибательный»! Но чем он может быть подтвержден? Тут-то мы и подходим к самому интересному.

Известно, что вращение — форма движения, присущая всем небесным объектам. При этом линейная скорость любой точки на поверхности вращающегося тела имеет размерность, одинаковую с размерностью хода времени. А если их сложить?.. Получится, что для тела, вращающегося в одну сторону, линейные скорости точек к «ходу времени» нужно прибавить. А у тел, вращающихся в другую сторону, те же скорости нужно вычесть из «хода времени». Кроме того, на разных параллелях вращающихся галактик, звезд и планет ход времени в сумме с линейными скоростями будет разным. И эта разница немедленно даст и различие в количествах движения. Следовательно, должны появиться дополнительные силы. Пусть они парные; пусть дей-

ствуют в разные стороны, но это силы. Не сдвигая с места центра тяжести вращающейся системы, они могут изменить полную энергию тела... Впрочем, опыт, только результат опыта может убедить нас в справедливости сказанного. И Н. Козырев проводит серию взвешиваний вращающегося в разные стороны волчка-гироскопа. Если выводы его теории правильны, то в одном случае гироскоп должен быть легче, в другом — тяжелее...

Конечно, волчок, весы — все это не просто грубые, примитивные орудия, с помощью которых мы хотим поймать следы самого неуловимого свойства природы — времени. И надо отдать должное, исследователи понимали это и не спешили с опубликованием выводов. Результаты получались не слишком надежные. Но чем больше накапливалось записей в рабочей тетради, тем яснее проступали закономерности. И в конце концов, Н. Козырев с сотрудниками пришли к выводу, что эффект «похудания и потолстения» есть! 90-граммовый гироскоп показывал разницу в весе примерно в $\pm 4$ миллиграмма. Этот результат позволил не только вычислить абсолютную величину «хода времени» (Н. Козырев обозначил ее $C_2$), оказавшуюся равной примерно 700 км/ч, но и найти ее направление. Так, для нашего мира «ход времени» оказался положительным в левой системе координат, в той самой, к которой мы привыкли со школьной скамьи, и отрицательным в правой — ее зеркальном отражении. Это дало возможность впервые объективно определить понятия левого и правого в пространстве через время.

Опыты с гироскопами дали исследователям чрезвычайно интересные результаты. Создавалось впечатление, что именно теперь можно попытаться определить силу причины, то есть отличить активную силу физических законов от пассивной реакции. Для этого надо только узнать, какая из них увеличивается при данном направлении вращения, а какая уменьшается. Кроме того, изменение «хода времени» проявилось в виде появления дополнительных сил, действующих вдоль оси вращения в противоположных направлениях. Такие силы раньше в теоретической механике известны не были. Между тем влияние их весьма важно.

Давайте представим себе на месте вращающегося волчка планету, ну хотя бы Землю. В средней ее части результирующая дополнительных сил направлена по

оси вращения к северу. Но поскольку силы эти не имеют права сдвигать с места центр тяжести планеты, то вблизи полюсов следует предположить существование уравновешивающих сил, направленных к югу. Следовательно, северное полушарие, находясь в тисках сдавливающих сил, будет сжиматься, тогда как южное те же силы будут растягивать.

Планеты не являются абсолютно сферическими телами. Об этом мы знаем уже довольно давно. Но раньше мы предполагали, что земной шар примерно одинаково сдавлен у полюсов. И потому, когда на основании анализа движений искусственных спутников выяснилось, что на севере сила тяжести больше, чем на юге, специалисты несколько растерялись. Появилась даже гипотеза о загадочном различии плотности вещества обоих полушарий Земли.

Учет сил «асимметричной механики», по Н. Козыреву, деформирует Землю. Вместо эллипсоида вращения она приобретает форму вращающейся кардиоиды — сердца. И разница в полярных силах тяготения получает свое «естественное» объяснение. Просто Северный полюс примерно на 200 метров ближе к центру Земли, чем Южный.

Особенно хорошо такая асимметрия заметна на примерах Юпитера и Сатурна — гигантов, состоящих в основном из сгущенного газа. Благодаря большой скорости вращения описываемый эффект должен быть выражен у обеих планет значительно сильнее, чем у Земли. Фотографирование планетных фигур подтвердило теоретические предположения и расчеты. У Юпитера разница в положении полюсов относительно центра составила около 400 километров.

С помощью вновь открытых сил Н. Козырев объясняет и некоторые географические особенности нашей планеты. Например, известно, что северное полушарие Земли значительно богаче сушей. Это могло явиться следствием отжимания материков новыми силами. «Ход времени», по мнению создателя «причинной механики», влияет и на различия в направлениях океанических течений обоих полушарий, и на то обстоятельство, что северная половинка Земли теплее южной...

Опыты с гироскопами и весами дали еще один любопытный результат. Получалось, что дополнительные силы могут прилагаться к разным точкам единой системы.

Значит, получается пара сил. И время, которому они обязаны своим рождением, должно уже обладать не только энергией, но и моментом вращения. Пусть пока он только поворачивает коромысло весов. С точки зрения космогонических гипотез важно, что этот момент может быть передан системе.

Конечно, свойства времени трудно представить себе наглядно, опираясь лишь на знакомые аналогии. Слишком много принципиальных отличий. Но если принять предлагаемое толкование результатов проделанных экспериментов, то можно прийти еще к одному выводу: из-за процессов, происходящих в природе, или в результате сознательного воздействия человека плотность времени может меняться. А тогда возникает вопрос: нельзя ли через время воздействовать одной материальной системой на другую? Для этого надо только предположить, что причинно-следственные изменения происходят не только во времени, но и с помощью времени. Или что в любом природном процессе время либо расходуется, либо... образуется...

«Ход времени», как мы выяснили, имеет скорость конечную. Однако само время не передается по вселенной с какой-то конечной скоростью. Время возникло сразу, одновременно с родившимся миром и во всех его уголках одновременно. Может быть, это обстоятельство позволит когда-нибудь, изменяя свойства секунд, мгновенно передавать информацию на всю вселенную независимо от расстояния?

Гипотетическая теория Н. Козырева таит в себе много неожиданного и спорного. В «причинной механике» немало интересных находок, типа гипотезы о прерывности времени или об «атомах времени». Их разработка — дело будущего.

Пока взгляды Н. Козырева разделяют далеко не все, и трудно сегодня оценить степень истинности мнений, высказанных как сторонниками, так и противниками новой теории. Но гипотезы, лежащие в ее основе, поражают и привлекают смелостью даже тех, кто привык к самым революционным поворотам науки нашего столетия.

Время, пожалуй, самая неприступная вершина, на которой держится наше понимание системы мира и наше толкование картины мира. Точные науки пока старались

обходить эту вершину стороной, делая вид, будто ее даже и не существует. Но, кажется, пришло и ее время. Что же, счастливого восхождения, как говорят альпинисты.

## ТАК КАК ЖЕ ВСЕ-ТАКИ РОЖДАЮТСЯ ГАЛАКТИКИ ВООБЩЕ?

Первоначальная хаббловская классификация галактик устарела; особенно после появления знаменитой работы В. Бааде о звездных населениях. По мере накопления новых данных о галактиках, Э. Хаббл сам не раз пытался пересмотреть свою классификацию и дополнить ее. Но работа его была прервана смертью.

В 1957 году астрономы У. Морган и М. Мейол предложили новую классификацию. В основе ее лежал указанный еще Э. Хабблом критерий роста концентрации яркости ядер, но при этом направление эволюции у них получилось обратным хаббловскому. Они разделили все многообразие внегалактических объектов на 7 классов. К первому были отнесены неправильные галактики без видимого ядра. Дальше, по мере возрастания яркости ядра, шли классы второй, третий, четвертый, пятый и шестой, объединяющие в себе и спиральные галактики. Причем одновременно с ростом класса ослабевала степень закрученности спиральных рукавов. Седьмой класс объединял уже различные типы галактик эллиптических. Определенным прогрессом в новой классификации можно было считать то, что если раньше спектральный класс галактикам приписывался по суммарному излучению всех имеющихся в ней звезд, то теперь У. Морган и М. Мейол попытались ответить на вопрос — какие типы звезд вносят наибольший вклад в интегральное излучение.

Естественно, что, отдав столько времени и сил изучению активности ядер галактик, В. Амбарцумян должен был тоже предложить свою классификацию. И он это сделал, разбив существующие объекты на 5 классов по степени космической активности. В первый вошли галактики без заметного ядра и даже без заметного сгущения в центре. К ним относятся многие иррегулярные галактики, в том числе, вероятно, и наша соседка — галактика Магеллановы Облака, а также

карликовые эллиптические галактики, вроде той, которую обнаружили в созвездии Скульптора.

Во второй класс он объединил галактики со спокойным, не очень ярким ядром. К ним можно отнести нашу Галактику, галактику Андромеды — М 31 и галактики М 33 и NGC 5194.

Напомним, что буква М в шифре галактик означает их принадлежность к каталогу Мессье, а «NGC» — означает «Новый общий каталог», составленный Д. Дрейером. Могут встретиться и галактики, имеющие перед порядковым номером буквы «С». Это значит, что их следует искать в дополнении к новому общему каталогу.

К третьему классу отнесены галактики тоже со спокойными, но уже значительно более яркими ядрами, например NGC 4303 и NGC 3162.

К четвертому классу относятся галактики, подобные сейфертовским. Они обладают не просто яркими, но и возбужденными ядрами.

И наконец, к пятому классу отнесены те звездные системы, в которых почти вся яркость сосредоточена в ядре. К ним можно причислить «компактные» галактики Цвикки, некоторые «голубые галактики» и квазары.

Астрономы из Армении считают, что именно изучение ядер галактик сулит наибольший прогресс в решении таких принципиальных вопросов, как возникновение и эволюция этих звездных систем.

В 1964 году В. Амбарцумян говорил, что считает эволюцию идущей в направлении от стадии эллиптической галактики с молодым ядром и богатым звездным населением второго типа по Бааде. По мере развития такой галактики светимость ее ядра должна возрастать; постепенно в ней начинают формироваться новые подсистемы; из материи, выброшенной в пространство ядром, создаются спиральные рукава; и галактика переходит в стадию спиральных систем (или спиральных с перемычкой). На этом этапе в них образуется звездное население первого типа, по Бааде. Постепенно затем яркие ядра спиральных галактик тускнеют и системы переходят в новую фазу иррегулярных галактик.

Сотрудник Амбарцумяна Л. Мирзоян признает, что «в настоящее время гипотеза возникновения галактик в результате деятельности плотных, массивных ядер, естественно, не может еще объяснить все физические и ди-

намические свойства галактик. Например, при возникновении галактик из тел небольшого объема трудно пока объяснить огромные вращательные моменты, наблюдаемые у ряда галактик. Эта гипотеза встречается и с другими менее серьезными трудностями». Однако, несмотря на это, Л. Мирзоян полон оптимизма. Он вполне солидарен с В. Амбарцумяном, который уверен, что «изучение взрывов и других проявлений нестационарности в галактиках ведет нас к решению проблем происхождения и эволюции галактик, а также к решению проблемы превращения незвездных тел, находящихся в ядрах галактик, в обычные звезды и туманности».

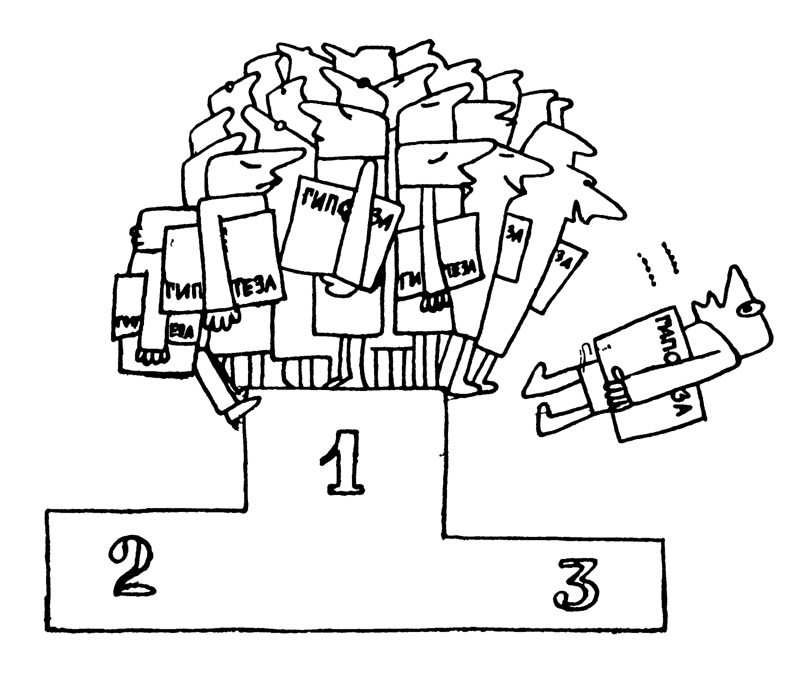
В 1967 году английский астроном М. Райл, сравнив спектры квазаров и радиогалактик, высказал мысль, что и те и другие — просто разные стадии эволюции одних и тех же объектов. Ведь и те и другие представляют собой двойные системы, только с разными расстояниями между компонентами. При этом мощность радиоизлучения у тесных пар явно больше. Гипотеза М. Райла заключалась в том, что радиоисточник начинает свою жизнь в виде очень тесной пары, а может быть, и одиночного объекта большой активности. Постепенно, примерно за сто тысяч лет, облака плазмы, выброшенные ядром и дающие существенную долю наблюдаемого радиоизлучения, уходят и рассеиваются. Естественно, что при этом «радиояркость» объекта значительно падает.

В 1970 году советский астроном Л. Озерной, основываясь на мысли, что каждая галактика в процессе нормального развития может вдруг перейти в возбужденное состояние, построил любопытную диаграмму. В ней по горизонтальной оси отложен порядок нормального развития галактик (от неправильных к спиральным, затем к эллиптическим и т. д.), а по вертикали даны возможные переходы в возбужденное состояние от каждой формы. При этом эллиптические галактики переходят в возбужденном состоянии в мощные радиогалактики, а спиральные — в сейфертовские. Этот переход происходит через промежуточные состояния, которыми могут быть «компактные» галактики.

«*N*-галактики» и квазары — объекты, уже находящиеся в крайне возбужденном состоянии. Промежуточными положениями для них Л. Озерной считает стадии «компактных» галактик Цвикки и квазагов. А вот исходные их формы пока неизвестны. На новой диаграмме

нашлось место всем существующим сегодня разновидностям галактик. Но что ждет ее завтра?

В том же году два других советских специалиста — В. Комберг и Р. Сюняев предложили иную схему развития галактик. По их мнению, на самой ранней стадии образования формируются сначала из больших скоплений диффузной материи квазизвездные объекты: квазары, квазаги, либо еще какие-нибудь «кваги». В таком, детски-возбужденном состоянии небесные объекты суще-




ствуют сравнительно недолго, не более миллиона, ну, десятка миллионов лет. Затем наступает юность — промежуточное состояние. Неизвестные «кваги» переходят в ядра сейфертовских галактик, квазары превращаются в «компактные» галактики Цвикки, а квазаги — в ядра «$N$-галактик». Юность галактик длится примерно на порядок больше времени, чем детство. Затем начинается их зрелость. Внегалактические объекты переходят в основную стадию своего существования, которая длится около 10 миллиардов лет. Из сейфертовских галактик получаются спиральные, из «компактных» — эллиптиче-

ские, а ядра «$N$-галактик» становятся ядрами мощных радиогалактик.

И Л. Озерный и В. Комберг с Р. Сюняевым считают хаббловские типы галактик нормальным состоянием внегалактических объектов. Сегодня отдать предпочтение какой-нибудь одной из рассмотренных схем эволюции пока трудно. Скорее всего в споре двоих прав будет кто-то третий. Тот, который потом уступит свое место четвертому, а четвертый пятому и так далее, потому что процесс познания бесконечен и, вопреки всевозможным пророкам заката человеческой культуры, вряд ли когда-нибудь серьезно нам надоест.

## НА СЛУЖБЕ НОВАЯ ТЕХНИКА...

Помните, начиная разговор о «ненормальных» галактиках, мы привели целый список новых внегалактических объектов. Большинство из них так далеки от Земли и от Галактики, что сведения, которыми располагают о них специалисты, буквально ничтожны. Между тем новые объекты явно играют немаловажную роль в космогонии. Это легко видеть хотя бы из последних гипотез. Да и вообще для составления новых схем эволюции любых небесных объектов нужно прежде всего нащупать их взаимосвязи. А это значит — нужен максимум информации о самих объектах. Но мало того, что они далеко. Главное богатство Земли, счастье ее обитателей — атмосфера — горе для астрономов. Ни инфра-, ни ультра-, ни рентгено-, ни гамма-лучи не пробиваются через ее толщу. Все вредное для органической жизни излучение надежно гасится атмосферой. А ученым оно нужно!

За последние годы среди специалистов постепенно выкристаллизовалось мнение, что основным диапазоном электромагнитных волн, с помощью которых происходит большинство энерговыделений в Галактике и вселенной, — это инфракрасное излучение. Интересно? Очень! А увидеть его с поверхности Земли нельзя. Что делать?

Затем, по выражению директора Крымской астрофизической обсерватории академика А. Северного, именно ультрафиолетовое и рентгеновское излучение нашего светила — ключ к загадкам его внезапных вспышек. А ведь Солнце — звезда! Из звезд же состоят и галактики. Но, увы, и из этого интересного диапазона у по-

верхности Земли ничего не выцарапать, не говоря уже о гамма-лучах. Где же выход?

И вот в январе 1975 года на околоземной орбите развернул свою деятельность «Научно-исследовательский институт широкого профиля». Именно так квалифицировала пресса работу советских космонавтов А. Губарева и Г. Гречко на борту станции «Салют-4».

За месяц командировки за пределы атмосферы космонавты провели огромный объем работ, уделив немало полетного времени астрономическим, астрофизическим и радиофизическим исследованиям.

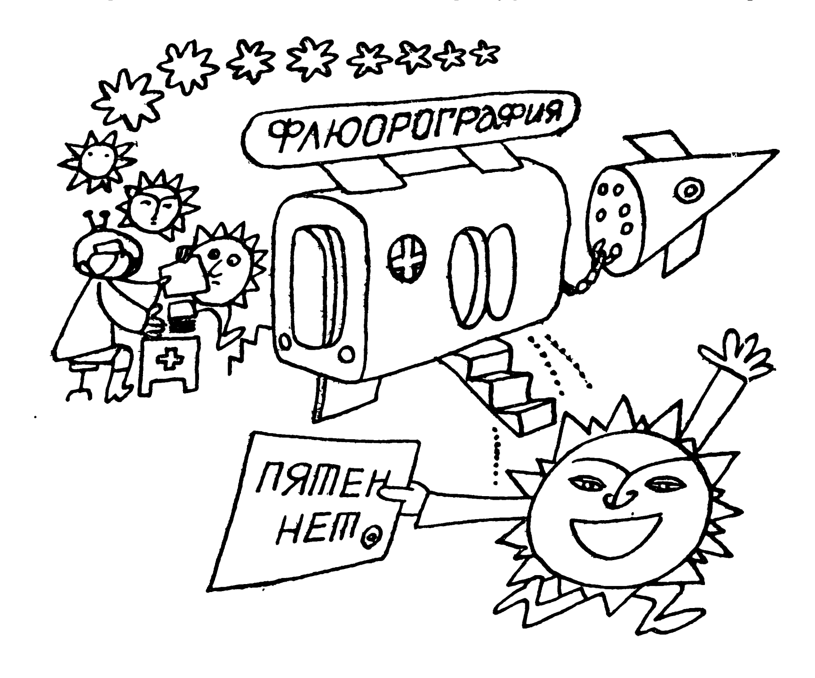
На борту станции был установлен криогенный инфракрасный телескоп-спектрометр ИТС-4. Такая аппаратура впервые выведена на орбиту. А холод криостата, в который был помещен приемник излучения, в сотни раз повышает чувствительность приборов, обеспечивая получение уникальной информации. Предназначался прибор для исследования и создания инфракрасных «портретов» Земли и других планет, для исследования вещества в межпланетном и межзвездном пространстве на молекулярном уровне и для наблюдения далеких, нестационарных объектов, находящихся в плоскости Галактики. Ведь именно исследования этих последних должны помочь понять законы, управляющие жизнью Галактики и галактик.

Кроме того, космонавты много занимались наблюдениями Солнца, используя орбитальный солнечный телескоп с коротковолновым дифракционным спектрометром для ультрафиолетовых лучей ОСТ-1. Помните слова А. Северного о ключе к загадкам солнечных вспышек?

На борту станции «Салют-4» был установлен и комплекс аппаратуры для серьезного исследования рентгеновского излучения. Его создатели назвали свое детище «Филином». За один виток орбитальной станции «Филин» обозревал полосу звездного неба шириной примерно в 10 градусов, фиксируя все, что попадало в сектор его обзора. Информация тут же передавалась на Землю. Так что сам «Салют-4» — это, можно сказать, головной экспериментальный отдел большого НИИ, наземная часть которого состояла из массы острозавидующих космонавтам научных сотрудников, с нетерпением ожидающих своей доли информации. Впрочем, «Салют-4» никого не обидел. Объема новых сведений, переданных

А. Губаревым и Г. Гречко, хватит их наземным коллегам на несколько лет интенсивной и, будем надеяться, плодотворной работы.

Рентгеновская астрономия вообще очень молодая отрасль древней науки о звездах. Ведь первый, после Солнца, космический источник рентгеновского излучения — Скорпион Х-1 — был обнаружен лишь в 1962 году. С тех пор было проведено всего несколько экспериментов с помощью аппаратуры, поднятой за пре-




делы атмосферы на геодезических ракетах и на советских спутниках. В 1970 году американские специалисты запустили первый специализированный спутник «УХУРУ» для наблюдения, систематизации и отождествления источников рентгеновского излучения с оптическими и радиообъектами. И хотя аппаратура на борту этого спутника была еще весьма несовершенной, результаты его работы оказались неплохими. Каталог «УХУРУ» содержал богатую информацию о 163 источниках рентгеновского излучения. Из них 108 были доселе неизвестны.

Собранная спутником информация позволила сделать интересный вывод: в космосе существуют тесные двойные системы, один из компонентов которых — источник рентгеновского излучения. При этом два таких источника (Геркулес Х-1 и Центавр Х-3) являются рентгеновскими пульсарами. Если согласиться с тем, что строгая периодичность излучения обусловлена у них так же, как и у обычных радиопульсаров, быстрым вращением объекта вокруг своей оси, то размеры их должны быть крошечными. Значит, плотность вещества должна быть огромной. Это позволяет предположить, что оба названных рентгеновских пульсара являются нейтронными звездами. Иначе обстоит дело с источником рентгеновского излучения Лебедь Х-1. По расчетам, плотность его должна быть еще большей, чем у названных выше объектов. А это значит, что Лебедь Х-1 может оказаться «черной дырой»!

Более сорока рентгеновских источников из последнего каталога «УХУРУ» отождествлены с внегалактическими объектами. Их изучение продолжили американские искусственные спутники ОСО-7 и «Коперник», а также космический экипаж небесной лаборатории «Скайлэб», запущенной в 1973 году.

В 1973 году по результатам работы счетчиков гамма-квантов, установленных на спутниках Земли, специалисты обнаружили непонятные короткие вспышки гамма-излучений низких энергий, обладающие большой интенсивностью. Возникло предположение, что источники их находятся вне солнечной системы, и не исключено, что и вне пределов Галактики. При этом кратковременность вспышек также говорила о небольших, по-видимому, размерах самих источников. Сейчас теоретики считают возможными кандидатами в источники гамма-вспышек прежде всего нейтронные звезды, которые согласно построенным недавно теориям способны на внезапные извержения радиоактивного вещества из своих недр.

Как всегда, новые средства, призванные помочь в объяснении старых загадок, задают и свои — новые. В этом, наверное, заключается один из законов развития, законов прогресса...

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение автор хотел бы сказать, что он старался изложить гипотезы и в такой последовательности, чтобы они могли бы представить не столько само «действо», участниками которого являются окружающие нас миры, сколько наш собственный, человеческий подход к их познанию.

Перед глазами читателя прошло много идей, много гипотез и теорий. Где же истина? — вправе он спросить. Однозначного ответа нет. Нет в космогонии единой точки зрения, одинаково приемлемой представителями разных направлений. Каждый из них на вопрос об истине ответит по-своему. Плохо, когда нет никакого ответа. Но и много разных тоже не лучше. Особенно когда самый последний ненадежен. Если часы пробили тринадцать раз, то возникает сомнение не в истинности хода времени, а в правильности хода часов...

Сколько мудрых, уважаемых людей бились над тем, чтобы понять заветный механизм происхождения миров. Привлекали к этому наисовременнейшие достижения разума. Но проходило время, и хитроумные построения оказывались сначала наивными, потом неправильными. Им на смену приходили новые; приходили, чтобы разделить судьбу предшествующих...

Плохо это или хорошо? Космогония в поиске. Значит, высок в ней потенциал жизненных сил. А такая наука молода. В ней непочатый край работы, великолепных трудностей и блестящих находок.

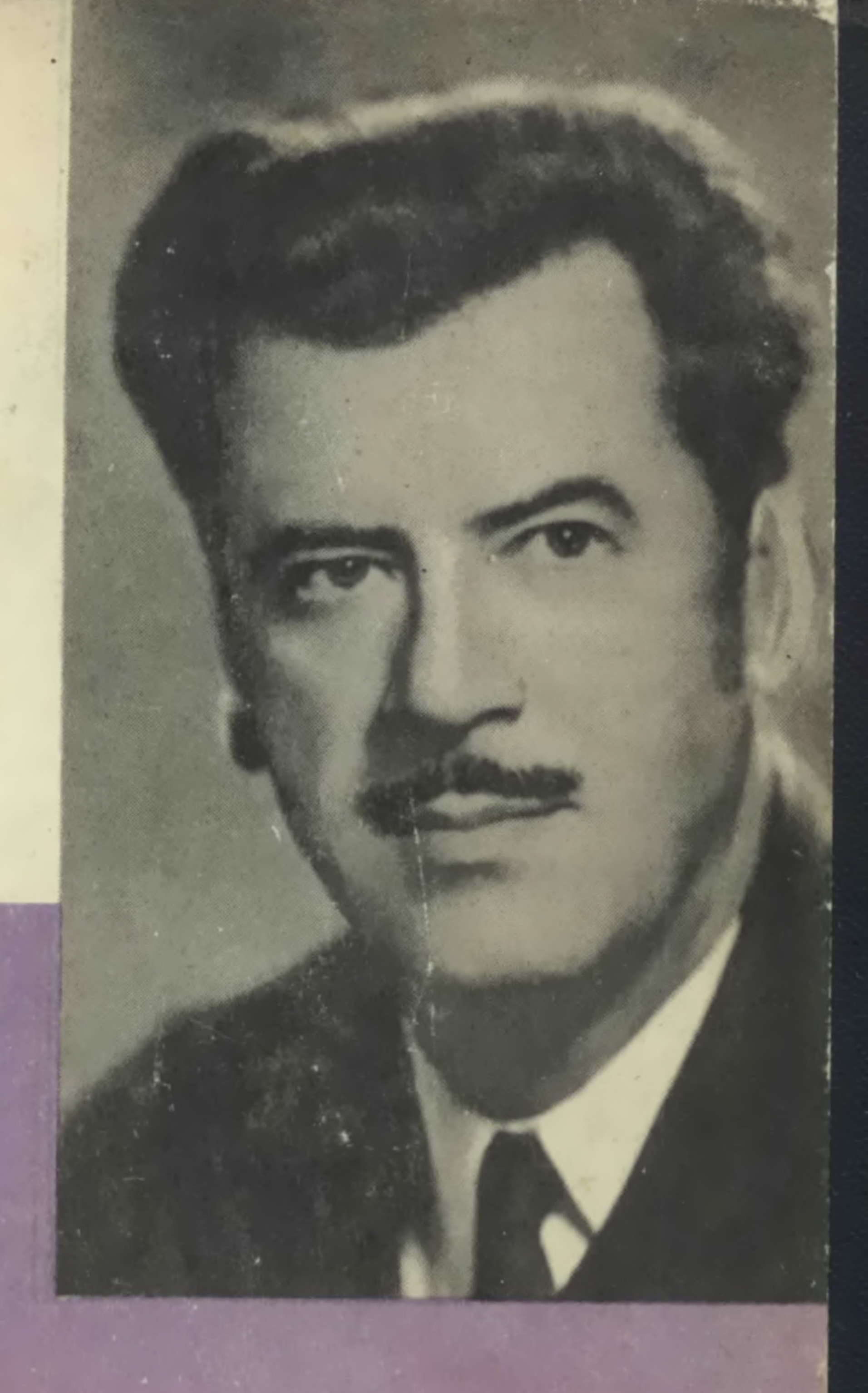
В сегодняшней космогонии обширнейшее поле приложения молодых сил. Нас ждут новые гипотезы, новые теории. Конечно, они будут опровергнуты и заменены следующими. Но каждая из них продвигает нас шаг за шагом вперед по бесконечной спирали познания мира.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 3
КОГДА МИР СТРОИЛИ БОГИ
От мифов к натурфилософии . . . . . . . . . . . 5
Господь бог, Птолемей и проблема алгоритма . . . . . . 14
ВСЕЛЕННУЮ КОНСТРУИРУЮТ ФИЛОСОФЫ
Точка опоры . . . . . . . . . . . . . . . . . 20
Жорж-Луи Леклер граф де Бюффон и первая настоящая гипотеза космогонии . . . . . . . . . . . . 24
Небулярная гипотеза Иммануила Канта . . . . . . . . 29
Великолепная пятерка . . . . . . . . . . . . . . 33
Пьер-Симон Лаплас и седьмое примечание к «Изложению системы мира» . . . . . . . . . . . . . . . 37
«Изложение системы мира» — популярное произведение без единой формулы и без единого чертежа . . . . . . . 40
ПАДЕНИЕ НЕБУЛЯРНОЙ ГИПОТЕЗЫ
Начало штурма . . . . . . . . . . . . . . . . 45
Космогоническая гипотеза Жерве-Огюста-Этьена-Альбы Фаи 46
Дуэль Джорджа Говарда Дарвина и Александра Михайловича Ляпунова . . . . . . . . . . . . . . . . 48
Последний толчок и крах небулярной гипотезы . . . . . . 52
ПЛАНЕТНАЯ КОСМОГОНИЯ
Планетезимали Ф. Мультона и Т. Чемберлина . . . . . . 54
«Сигара» Джемса Джинса . . . . . . . . . . . . . 57
Дополнения Гарольда Джеффриса и крах «катастрофической» концепции . . . . . . . . . . . . . . . 61
В поисках новых путей . . . . . . . . . . . . . . 65
Солнечная система, какой мы ее знаем сегодня... . . . . . 72
СВЕЖИЕ ТЕЧЕНИЯ КОСМОГОНИИ
Гипотезы, гипотезы, гипотезы... . . . . . . . . . . . 79
Время строить и время разрушать... . . . . . . . . . 99
ЗВЕЗДНАЯ КОСМОГОНИЯ
Две концепции . . . . . . . . . . . . . . . . . 107
Рядовая звезда — Солнце . . . . . . . . . . . . . 109
Солнце без гипотез и теория «термояда» . . . . . . . . 115
Звезды в ассортименте . . . . . . . . . . . . . . 125
Классическое направление звездной космогонии . . . . . 130
Новые мехи для нового вина . . . . . . . . . . . . 139
«Черные» и «белые дыры» вселенной . . . . . . . . . 146
Так как же все-таки рождаются звезды? . . . . . . . . 153
КОСМОГОНИЯ ГАЛАКТИК
Туманности или галактики . . . . . . . . . . . . . 160
Нормальные галактики должны бы рождаться так... . . . . 165
Магнитные поля в галактиках . . . . . . . . . . . . 171
А как рождаются галактики «ненормальные»? . . . . . . 177
«Машина времени» вселенной . . . . . . . . . . . . 188
Так как же все-таки рождаются галактики вообще? . . . . 199
На службе новая техника... . . . . . . . . . . . . 203
Заключение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 207

53 коп.



МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ




МОСКВА, 1975

АНАТОЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ ТОМИЛИН

А. Томилин — преподаватель института, член Союза писателей. «Занимательно о космогонии» не первая книга этого автора. Молодые читатели неоднократно встречали его имя на страницах журналов и научно-художественных сборников. Его перу принадлежит несколько произведений, выпущенных издательством «Детская литература», в том числе книжка «Небо Земли», а также книги «Занимательно об астрономии» и «Занимательно о космологии», вышедшие в «Молодой гвардии».

Новая книга А. Томилина, которую издательство предлагает своим читателям, посвящена также одной из фундаментальных наук о вселенной.